



TUGAS AKHIR - MN 141581

**DESAIN KAPAL AMFIBI *WATER SCHOOL BUS* SEBAGAI
SARANA TRANSPORTASI PELAJAR UNTUK RUTE
PELAYARAN KEPULAUAN SERIBU - JAKARTA UTARA**

**Rainy Renata Renald Rinaldi
NRP 4114100080**

**Dosen Pembimbing
Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



TUGAS AKHIR - MN 141581

**DESAIN KAPAL AMFIBI *WATER SCHOOL BUS* SEBAGAI
SARANA TRANSPORTASI PELAJAR UNTUK RUTE
PELAYARAN KEPULAUAN SERIBU - JAKARTA UTARA**

**Rainy Renata Renald Rinaldi
NRP 4114100080**

**Dosen Pembimbing
Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



FINAL PROJECT - MN 141581

**DESIGN OF AMPHIBIOUS WATER SCHOOL BUS AS A
MEANS OF TRANSPORTATION FROM THOUSAND
ISLANDS TO NORTH JAKARTA**

**Rainy Renata Renald Rinaldi
NRP 4114100080**

**Supervisor
Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN KAPAL AMFIBI *WATER SCHOOL BUS* SEBAGAI SARANA TRANSPORTASI PELAJAR UNTUK RUTE PELAYARAN KEPULAUAN SERIBU - JAKARTA UTARA

TUGAS AKHIR

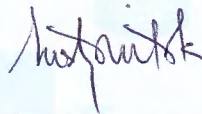
Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

RAINY RENATA RENALD RINALDI
NRP 4114100080

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing



Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.
NIP 19681212 199402 2 001

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Perkapalan



Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.
NIP 19640210 198903 1 001

SURABAYA, 24 JANUARI 2018

LEMBAR REVISI

DESAIN KAPAL AMFIBI *WATER SCHOOL BUS* SEBAGAI SARANA TRANSPORTASI PELAJAR UNTUK RUTE PELAYARAN KEPULAUAN SERIBU – JAKARTA UTARA

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 10 Januari 2018

Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

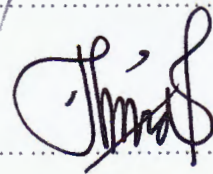
RAINY RENATA RENALD RINALDI
NRP 4114100080

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

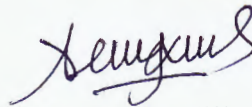
1. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.



2. Ardi Nugroho Y., S.T., M.T.

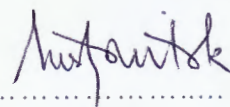


3. Teguh Putranto, S.T., M.T.



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.



SURABAYA, 24 JANUARI 2018

Dipersembahkan kepada Mami, Daddy, Kak Ray dan Broccoli

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunianya Tugas Akhir “Desain Kapal Amfibi *Water School Bus* Sebagai Sarana Transportasi Pelajar untuk Rute Pelayaran Kepulauan Seribu - Jakarta Utara” dapat diselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Mami, Daddy, Kak Ray, Kak Priska, dan Broccoli yang senantiasa percaya dan mendukung penulis dalam semua kondisi.
2. Ibu Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Hasanudin, S.T., M.T., selaku Kepala Laboratorium Desain Kapal Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS atas bantuannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini dan atas ijin pemakaian fasilitas laboratorium.
4. Faiz Dewangga Binar Diwari, yang senantiasa sabar, percaya dan mendukung penulis dalam setiap keadaan.
5. Mas Dhimas Dharmawan, SC dan kakak terbaik yang senantiasa sabar membantu penulis mengerjakan Tugas Akhir. Bernard Sutrisno dari Teknik Mesin 2014 yang selalu sabar menjelaskan masalah permesinan kepada penulis. Mbak Deanissa Safiraa, Mas Dwi Rendra Pramono, dan Galih Ghafara yang senantiasa menjawab pertanyaan-pertanyaan dari penulis. Mas Faishal Abyan yang membantu pembuatan *video profile* Tugas Akhir.
6. Tante Mei, Pak Sholihin, Pak Imbriyadi, dan Pak Mukti, serta Bapak/Ibu dari Pemerintah Daerah Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu yang banyak membantu penulis dalam pengumpulan data Tugas Akhir dan tidak dapat disebutkan satu per satu.
7. Teman-teman seperjuangan dalam pengerjaan Tugas Akhir, Fajar Andinuari, Agil Fakhri D., Anindra A. Farras, dan Dwi Andrey P. atas bantuan dan kerja samanya selama proses pengerjaan Tugas Akhir.
8. Khristofer Noah Gaizka, Robertus Bimo P., Sekar A. Hardjono, Adhitiya S. Prabowo, Varisha Vada Z., Halida Aulia El-Islamy, Miqdad Darmawan, Ridho Utomo, R. Jachtaniaedwina, Jeremy M. Matondang, Yehezkiel Sinaga, Richie Andylo Tambunan, Raja Andhika Rizki, dan teman-teman penulis lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas bantuan, hiburan, canda, dan tawa selama menjalani masa perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, 24 Januari 2018

Rainy Renata Renald Rinaldi

DESAIN KAPAL AMFIBI *WATER SCHOOL BUS* SEBAGAI SARANA TRANSPORTASI PELAJAR UNTUK RUTE PELAYARAN KEPULAUAN SERIBU – JAKARTA UTARA

Nama Mahasiswa : Rainy Renata Renald Rinaldi
NRP : 4114100080
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Ir. Hesty Anita Kurniawati, M. Sc.

ABSTRAK

Pulau Untung Jawa merupakan salah satu wilayah di Kepulauan Seribu yang tidak memiliki SMA sehingga mengharuskan penduduk yang ingin melanjutkan pendidikan ke tingkat SMA untuk menyeberang ke Jakarta Utara. Para pelajar menyeberang ke sekolah mereka dengan kapal ojek yang tidak terjamin keselamatannya atau menginap di wilayah mereka bersekolah. Tugas Akhir ini bermaksud memberikan solusi untuk mempermudah transportasi pelajar SMA di Pulau Untung Jawa untuk bersekolah di Jakarta Utara. Kapal amfibi *Water School Bus* dapat mengantar pelajar menyeberangi laut dan berjalan di darat hingga para pelajar sampai di depan sekolah dengan selamat. *Payload* dari *Water School Bus* ini adalah jumlah pelajar SMA di Pulau Untung Jawa. Setelah didapatkan jumlah *payload*, kemudian dicari nilai *deadweight* dan penentuan ukuran utama kapal amfibi *Water School Bus*. Kemudian dengan ukuran utama tersebut dilakukan perhitungan teknis yang meliputi perhitungan stabilitas, perhitungan *trim*, dan perhitungan *freeboard* dan dilanjutkan dengan mendesain Rencana Garis, Rencana Umum, dan menghitung biaya pembangunannya. Dari desain kapal amfibi *Water School Bus* dengan *payload* 59 pelajar SMA beserta 1 orang sopir, didapatkan ukuran utama kapal Lpp: 14.27 m; B: 2.5 m; H: 4 m; T: 1.6 m dengan biaya pembangunan sebesar Rp 2,393,414,848.59.

Kata kunci: Desain Kapal, Kapal Amfibi, *Water School Bus*, Pulau Untung Jawa, Kepulauan Seribu

DESIGN OF AMPHIBIOUS WATER SCHOOL BUS AS A MEANS OF TRANSPORTATION FROM THOUSAND ISLANDS TO NORTH JAKARTA

Author : Rainy Renata Renald Rinaldi
Student Number : 4114100080
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology
Supervisor : Ir. Hesty Anita Kurniawati, M. Sc.

ABSTRACT

Untung Jawa Island is one of the islands located in Thousand Islands that does not provide high school education for its residents. Therefore, those who are in favor to pursue their high school education will have to cross the ocean and study in North Jakarta. The students cross the ocean to their schools with traditional boats that are relatively unsafe or live in homestays in their school area. This Final Project is intended to give a solution by facilitating the transportation for high school students with Amphibious Water School Bus that is capable to safely transport students from crossing the ocean and ride them to their schools on land. The payload of Water School Bus is the total number of high school students in Untung Jawa Island, which will then be calculated to obtain the deadweight and the main dimensions of the amphibious Water School Bus. From the main dimensions, technical calculation including the calculation of ship's stability, trim, and freeboard will be performed. The process continues by designing the Lines Plan, General Arrangement, and calculating her building cost. From the design of amphibious Water School Bus with a number of 59 students and 1 driver as its payload, main dimensions are obtained which consist of Lpp: 14.27 m; B: 2.5 m; H: 4 m; T: 1.6 m and a building cost of Rp 2,393,414,848.59.

Keywords: Ship Design, Amphibious Ship, Water School Bus, Untung Jawa Island, Kepulauan Seribu

DAFTAR ISI

HALAMAN PERUNTUKAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SIMBOL	xiii
Bab I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang Masalah.....	1
I.2. Perumusan Masalah.....	2
I.3. Tujuan.....	3
I.4. Batasan Masalah.....	3
I.5. Manfaat.....	3
I.6. Hipotesis.....	3
Bab II STUDI LITERATUR	5
II.1. Dasar Teori	5
II.1.1. Proses Desain.....	5
II.1.2. Metode Forecasting.....	7
II.1.3. Faktor Teknis Desain Kapal	7
II.1.4. Karakteristik Sistem Propulsi Waterjet.....	18
II.2. Tinjauan Pustaka.....	24
II.2.1. Tinjauan Rute Pelayaran	24
II.2.2. Pengertian Bus	26
II.2.3. Bus Amfibi.....	29
II.2.4. Kapal Sekolah	30
Bab III METODOLOGI	31
III.1. Metode.....	31
III.2. Proses Pengerjaan.....	32
III.2.1. Pengumpulan Data.....	32
III.2.2. Studi Literatur.....	32
III.2.3. <i>Operational Requirement</i> dan <i>Payload</i>	32
III.2.4. Penentuan Ukuran Utama Awal	32
III.2.5. Analisis Teknis	32
III.2.6. Desain Rencana Garis, Rencana Umum, dan 3D Model.....	33
III.2.7. Perhitungan Biaya Pembangunan.....	33
III.2.8. Kesimpulan.....	33
III.3. Bagan Alir	33
Bab IV ANALISIS TEKNIS	35
IV.1. <i>Owner Requirement</i>	35
IV.1.1. Perencanaan Muatan (<i>Payload</i>).....	35
IV.1.2. Kecepatan <i>Water School Bus</i>	37
IV.2. Perhitungan Teknis.....	38

IV.2.1.	Perencanaan Ukuran Utama	38
IV.2.2.	Hasil Perhitungan Hambatan Kapal	40
IV.2.3.	Pemilihan Mesin.....	40
IV.2.4.	Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal	45
IV.2.5.	Pemeriksaan Stabilitas.....	56
IV.2.6.	Perhitungan Trim.....	57
IV.2.7.	Perhitungan Lambung Timbul (<i>Freeboard</i>).....	58
IV.2.8.	Desain Rencana Garis	58
IV.2.9.	Desain Rencana Umum	60
IV.2.10.	Desain 3 Dimensi	60
IV.2.11.	Sistem Kekedapan	62
IV.2.12.	Biaya Pembangunan	62
Bab V	KESIMPULAN DAN SARAN	67
V.1.	Kesimpulan	67
V.2.	Saran	67
	DAFTAR PUSTAKA.....	69
	LAMPIRAN	
	LAMPIRAN A DATA PENDUKUNG	
	LAMPIRAN B PERHITUNGAN ANALISIS TEKNIS	
	LAMPIRAN C KATALOG <i>MACHINERY, EQUIPMENT</i> DAN <i>OUTFITTING</i> KAPAL	
	LAMPIRAN D DESAIN RENCANA GARIS	
	LAMPIRAN E DESAIN RENCANA UMUM	
	BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar I. 1 Lokasi Jakarta dan Kepulauan Seribu terhadap Pulau Jawa	2
Gambar II. 1 <i>Spiral Design</i>	5
Gambar II. 2 Titik-Titik pada Stabilitas Kapal.....	13
Gambar II. 3 Diagram Dimensi Inlet Sistem Waterjet	20
Gambar II. 4 Wilayah Kepulauan Seribu	24
Gambar II. 5 Peta Pulau Untung Jawa.....	25
Gambar II. 6 Data Persebaran Sekolah di Kecamatan Kepulauan Seribu Selatan	25
Gambar II. 7 Peta Jakarta Utara.....	26
Gambar II. 8 Omnibus	27
Gambar II. 9 Bus Sekolah	28
Gambar II. 10 Bus Tingkat	28
Gambar II. 11 Bus Tempel	29
Gambar II. 12 Bus Amfibi Splashtours Rotterdam	29
Gambar II. 13 Kapal Sekolah	30
Gambar IV. 1 Mesin Induk Caterpillar C9 ACERT 375 kW.....	42
Gambar IV. 2 Thrustmaster Jet 100 Series DJ120	43
Gambar IV. 3 KOHLER 21EKOZD	44
Gambar IV. 4 Allison Transmission B500	45
Gambar IV. 5 Sketsa <i>Construction Profile</i>	49
Gambar IV. 6 Eksterior Kapal Amfibi <i>Water School Bus</i>	60
Gambar IV. 7 Interior Kapal Amfibi <i>Water School Bus</i>	61
Gambar IV. 8 Toilet pada Kapal	61
Gambar IV. 9 Eksterior Kapal Bagian Belakang	62

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Ship Bow Coefficient.....	12
Tabel II. 2 Shape Coefficient of Hull Surface Facing the Wind	12
Tabel II. 3 Coefficient of Height from Waterline to Center of Area Facing the Wind	13
Tabel II. 4 Nilai K.....	15
Tabel IV. 1 Jumlah Pelajar SMP kelas 3 di Pulau Untung Jawa	35
Tabel IV. 2 Perhitungan Nilai Rata-Rata (<i>Average</i>).....	36
Tabel IV. 3 Hasil Ramalan Jumlah Pelajar Kelas 3 SMP Tahun 2017-2020.....	36
Tabel IV. 4 Total Pelajar SMA di Pulau Untung Jawa dari Tahun 2017 sampai 2020.....	36
Tabel IV. 5 Variabel Pendukung Metode 256 dari Ukuran Utama Awal	38
Tabel IV. 6 Variasi Penambahan X% terhadap Variabel Metode 256.....	38
Tabel IV. 7 Nilai Koefisien Kapal.....	39
Tabel IV. 8 Ukuran Utama dari <i>Water School Bus</i>	40
Tabel IV. 9 Rekapitulasi Nilai Hambatan pada <i>Water School Bus</i>	40
Tabel IV. 10 Spesifikasi Mesin CAT C9 ACERT	43
Tabel IV. 11 Spesifikasi Waterjet Thrustmaster	43
Tabel IV. 12 Spesifikasi Generator KOHLER	44
Tabel IV. 13 <i>Gear Ratios yang Dibutuhkan</i> pada <i>Gearbox Khusus</i>	45
Tabel IV. 14 Nilai Variabel Pembebanan.....	47
Tabel IV. 15 Nilai Pembebanan P_B	48
Tabel IV. 16 Nilai Pembebanan P_0 dan P_{01}	48
Tabel IV. 17 Rekapitulasi Nilai Variabel Untuk Tebal Pelat	49
Tabel IV. 18 Rekapitulasi Nilai Tebal Pelat Alas	50
Tabel IV. 19 Rekapitulasi Perhitungan Modulus Gading Besar	51
Tabel IV. 20 Rekapitulasi Perhitungan Modulus Gading Kecil.....	51
Tabel IV. 21 Rekapitulasi Berat <i>Lightweight</i> (LWT).....	52
Tabel IV. 22 Rekapitulasi Berat dan Titik Berat Penumpang dan Kru	53
Tabel IV. 23 Rekapitulasi Berat dan Titik Berat Tangki <i>Consumable</i>	54
Tabel IV. 24 Rekapitulasi Berat dan Titik Berat Tangki Air <i>Ballast</i>	55
Tabel IV. 25 Rekapitulasi Berat dan Titik Berat Kapal	55
Tabel IV. 26 (a) Rekapitulasi <i>Stability Criteria</i> pada 14 Kondisi	56
Tabel IV. 26 (b) Rekapitulasi <i>Stability Criteria</i> pada 14 Kondisi.....	56
Tabel IV. 26 (c) Rekapitulasi <i>Stability Criteria</i> pada 14 Kondisi	57
Tabel IV. 27 Rekapitulasi Nilai Trim pada 6 (Enam) Kondisi.....	57
Tabel IV. 28 Total Biaya Baja Kapal	62
Tabel IV. 29 Total Biaya Motor Penggerak Kapal.....	63
Tabel IV. 30 Total Biaya <i>Equipment & Outfitting</i>	63
Tabel IV. 31 Rekapitulasi Total Biaya Pembangunan Kapal.....	66

DAFTAR SIMBOL

C_B	= Koefisien Blok
C_M	= Koefisien <i>Midship</i>
C_P	= Koefisien Prismatic
C_{WP}	= Koefisien <i>water plane</i>
F_n	= <i>Froud Number</i>
Δ	= <i>Displacement</i> (ton)
∇	= Volume <i>displacement</i> (ton)
ρ	= Massa jenis (kg.m^{-3})
LCG	= Titik berat memanjang kapal (m)
VCG	= Titik berat kapal secara vertikal (m)
R_T	= Hambatan total (N)
R_f	= Hambatan gesek (kN)
R_w	= Hambatan gelombang (kN)
R_a	= Hambatan Udara (kN)
V	= Volume (m^3)
S_{Tot}	= Luas permukaan basah (m^2)
V_s	= Kecepatan (m.s^{-1})
g	= Gravitasi bumi (m.s^{-2})
T_A	= Sarat belakang (m)
T_F	= Sarat depan (m)
T	= Gaya Dorong (kN)
OPC	= Efisiensi propulsi <i>overall</i>

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Masalah

Kepulauan Seribu adalah sebuah kabupaten administrasi di Daerah Khusus Ibukota Jakarta, Indonesia yang wilayahnya meliputi gugusan kepulauan di Teluk Jakarta. Terdiri dari pulau-pulau karang sebanyak 105 buah dengan total luas wilayah daratan sebesar 8,7 km , jumlah penduduk di Kepulauan Seribu sebanyak lebih kurang 20.000 jiwa yang tersebar di sebelas pulau-pulau kecil berpenghuni. Posisinya secara geografis adalah pada 5°24' - 5°45' LS dan 106°25' - 106°40' BT dengan luas 1.180,8 hektar (11,8 km). Kepulauan Seribu terdiri atas 2 (dua) kecamatan, yaitu Kecamatan Kepulauan Seribu Utara dan Selatan. Jumlah kelurahan di Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu sebanyak 6 (enam), yaitu Kelurahan Pulau Kelapa, Kelurahan Pulau Harapan, Kelurahan Pulau Panggang, Kelurahan Pulau Tidung, Kelurahan Pulau Pari dan Kelurahan Pulau Untung Jawa. Sedangkan pulau-pulau yang berpenghuni antara lain adalah Pulau Untung Jawa, Pulau Pari, Pulau Lancang, Pulau Tidung Besar, Pulau Tidung Kecil, Pulau Pramuka, Pulau Panggang, Pulau Harapan, Pulau Kelapa, Pulau Kelapa Dua, dan Pulau Sebir. *(Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu)*

Pada kepulauan ini terdapat sejumlah 17 sekolah yang tersebar di Pulau Harapan, Pulau Kelapa, dan Pulau Panggang dan terdapat 3 sekolah jenjang menengah atas yaitu SMA Negeri di Pulau Pramuka, SMKN 61 dan 1 MA PKU di Pulau Tidung. Penyebaran sekolah ini sangat tidak merata dan jumlah SMA terlalu sedikit karena siswa di Kepulauan Seribu sendiri mencapai 500 jiwa. Sedikitnya jumlah Sekolah Menengah Atas tersebut menjadikan bersekolah di Jakarta sebagai salah satu opsi untuk para siswa yang akan melanjutkan ke jenjang tersebut. Pulau-pulau yang tidak memiliki SMA antara lain adalah Pulau Untung Jawa, Pulau Lancang, Pulau Pari, Pulau Panggang, Pulau Kelapa dan Pulau Harapan. Hal tersebut mengharuskan para penduduk yang ingin melanjutkan pendidikan ke tingkat SMA untuk bersekolah di pulau lain atau di Jakarta. *(Dinas Pendidikan Kab. Adm. Kepulauan Seribu)*

Transportasi air merupakan sarana penting yang menghubungkan banyak tempat di kepulauan ini. Saat ini, sarana transportasi antar pulau yang disediakan oleh Dinas Transportasi dan Perhubungan juga Dinas Pendidikan Kabupaten Kepulauan Seribu untuk pelajar adalah fasilitas kapal penyeberangan yang disebut Kapal Sekolah. Telah tersedia tiga

fleet Kapal Sekolah berkapasitas 60-70 orang per kapal untuk memfasilitasi penyeberangan pelajar antar pulau di dalam area Kepulauan Seribu. Kondisi rute pelayaran yang terbatas hanya di beberapa pulau dan di dalam Kepulauan Seribu menimbulkan masalah karena hal tersebut memperkecil kesempatan pelajar yang harus menyeberang ke kawasan Jakarta, khususnya Jakarta Utara untuk bersekolah. Gambaran wilayah Jakarta dan Kepulauan Seribu terhadap Pulau Jawa dapat dilihat pada Gambar I.1. (Indopos, 2017)



Sumber: jakarta.go.id

Gambar I. 1 Lokasi Jakarta dan Kepulauan Seribu terhadap Pulau Jawa

Untuk mengatasi masalah tersebut, dibutuhkan desain kapal amfibi *Water School Bus* yang dapat mengangkut pelajar untuk menyeberangi pulau dan mengantar mereka ke sekolahnya masing-masing di Jakarta Utara dengan selamat. Kendaraan amfibi merupakan kendaraan yang dapat beroperasi di perairan dan darat, sehingga pelajar dapat menyeberangi pulau melalui laut dan langsung diantar ke sekolah tanpa perlu berganti kendaraan di darat.

I.2. Perumusan Masalah

Dalam Tugas Akhir ini, yang akan dicari permasalahannya adalah sebagai berikut:

1. Berapakah ukuran utama yang optimal untuk *Water School Bus*?
2. Bagaimana desain Rencana Garis, Rencana Umum, dan desain 3D dari *Water School Bus* untuk kebutuhan kapal penyeberangan?
3. Berapakah biaya yang dibutuhkan untuk membangun *Water School Bus*?

I.3. Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Mendapatkan ukuran utama *Water School Bus* yang optimal.
2. Mendesain Rencana Garis, Rencana Umum, dan desain 3D dari *Water School Bus* untuk kebutuhan kapal penyeberangan.
3. Menghitung biaya pembangunan untuk *Water School Bus*.

I.4. Batasan Masalah

Agar permasalahan dalam Tugas Akhir ini tidak terlalu melebar dari tujuan yang ingin dicapai, maka perlu ditentukan batasan masalah yaitu sebagai berikut:

1. Tahap desain hanya sebatas *concept design*.
2. Kepulauan Seribu dibatasi hanya di wilayah Pulau Untung Jawa.
3. Tidak memperhitungkan perhitungan konstruksi secara mendetail.
4. Tidak memperhitungkan kerja kapal amfibi *Water School Bus* di darat.
5. Desain *gearbox* dan *shaft* untuk transmisi *Water School Bus* dari laut ke darat dibatasi hanya sampai konsep penempatan (*sketch*) pada kamar mesin.

I.5. Manfaat

Manfaat yang didapatkan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai referensi bagi pemerintah DKI Jakarta untuk memfasilitasi pelajar di Kepulauan Seribu.
2. Sebagai program pendukung pendidikan di Kepulauan Seribu, DKI Jakarta.
3. Sebagai referensi untuk transportasi di daerah kepulauan lain di Indonesia yang membutuhkan.
4. Sebagai referensi untuk mengembangkan industri karoseri di Indonesia.

I.6. Hipotesis

Kapal amfibi *Water School Bus* dapat meningkatkan taraf pendidikan penduduk di Pulau Untung Jawa dengan memfasilitasi perjalanan pelajar SMA yang bersekolah di Jakarta Utara dengan selamat.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

STUDI LITERATUR

II.1. Dasar Teori

II.1.1. Proses Desain

Dalam proses mendesain kapal, terdapat sebuah teknik berulang dimana prosesnya terangkum dalam sebuah alur melingkar yang disebut *Spiral Design*. Proses berulang ini bertujuan untuk menghasilkan sebuah *output* desain yang maksimal dan sesuai dengan keinginan. Didalam diagram *spiral design* terdapat 4 pembagian proses yaitu *concept design*, *preliminary design*, *contract design*, dan *detail design*. Bentuk *spiral design* dapat dilihat pada Gambar II. 1.



Sumber: Evans, 1959

Gambar II. 1 *Spiral Design*

1. Concept Design

Tahap pertama yang dilakukan dalam proses desain adalah menerjemahkan *mission requirement* atau permintaan pemilik kapal ke dalam ketentuan-ketentuan dasar dari kapal yang akan didesain yang disebut *concept design*. Tahap ini akan menghasilkan ukuran utama seperti panjang, lebar, sarat, dan karakter lainnya dengan tujuan untuk memenuhi kecepatan, kapasitas (*deadweight*), dan *range (endurance)*. Karakteristik dari proses *concept design* adalah sebagai berikut: Untuk menjalankan tahap ini, diperlukan studi kelayakan (*Technical Feasibility Study*) untuk menentukan elemen-elemen dasar dari kapal yang didesain seperti

ukuran utama kapal, *power* mesin, dan lainnya, yang memenuhi persyaratan-persyaratan kecepatan, jarak pelayaran, volume muatan dan *deadweight*. Perkiraan biaya konstruksi dan desain-desain alternatif juga dapat dihasilkan dari tahap ini.

2. Preliminary Design

Setelah mengkonsep desain awal, desainer perlu memeriksa kembali ukuran dasar kapal yang dikaitkan dengan *performance* (Evans, 1959). Pemeriksaan ulang dilakukan terhadap ukuran utama, daya mesin, *deadweight*, dan ketentuan-ketentuan lain yang harus dipenuhi kapal. Hasil diatas merupakan dasar dalam pengembangan rencana kontrak dan spesifikasi. Pada tahap ini dilakukan penentuan lebih jauh terhadap karakteristik-karakteristik utama kapal yang mempengaruhi perhitungan biaya awal dari pembuatan kapal dan *performance* kapal. Selain itu, hasil dari tahap ini akan menjadi dasar untuk proses *contract design* dan penentuan spesifikasi kapal.

3. Contract Design

Tujuan dari *contract design* adalah mengembangkan perancangan kapal dari tahap sebelumnya menjadi lebih detail, sehingga dapat lebih dipahami oleh pihak pembuat kapal dan juga dapat diestimasi biaya pembangunannya. Tahap ini akan menghasilkan dokumen kontrak pembuatan kapal yang langkah-langkah pembuatannya meliputi satu, dua atau lebih putaran dari *spiral design*. Oleh karena itu pada langkah ini mungkin terjadi perbaikan hasil-hasil dari *preliminary design* (Evans, 1959). Yang dilakukan pada tahap ini adalah melakukan perhitungan yang lebih teliti terhadap bentuk badan kapal dengan melakukan perbaikan pada Rencana Garis, melakukan perhitungan untuk detail konstruksi lambung, penentuan jenis baja yang akan digunakan, penentuan jarak dan tipe gading, melakukan perhitungan estimasi berat dan titik berat pada kapal. Pada tahap ini juga dibuat Rencana Umum (*General Arrangement*) dari kapal untuk penempatan-penempatan ruangan-ruangan, berbagai jenis tangki, dan kamar mesin. Setelah itu, dibuat spesifikasi rencana *quality standard* dari bagian badan kapal dan peralatannya serta uraian mengenai metode pengujian dan percobaan untuk mendapatkan kondisi kapal yang baik dan memenuhi regulasi yang mengatur.

4. Detail Design

Tahap terakhir dari proses mendesain kapal adalah *detail design* dimana pada tahap ini hasil dari tahapan sebelumnya dikembangkan menjadi gambar kerja yang detail (Evans,

1959). Tahap *detail design* mencakup semua rencana dan perhitungan yang diperlukan untuk proses konstruksi dan operasional kapal. Hasil akhir dari desain ini merupakan *final design* dimana seluruh keputusan yang berkaitan dengan desain seperti bentuk lambung, pemilihan mesin utama, mesin bantu dan propulsi telah dibuat dan dikonfirmasi dengan baik sehingga dapat menjadi petunjuk atau instruksi instalasi bagi *fitters, welders, machinery vendors, metal workers*, dan setiap elemen yang mengerjakan pembangunan kapal.

II.1.2. Metode Forecasting

Metode *Forecasting* atau biasa disebut dengan metode peramalan merupakan kegiatan menganalisis kondisi berdasarkan suatu data yang dapat bersifat kuantitatif atau kualitatif pada masa lalu. Peramalan secara kuantitatif menggunakan model matematis yang beragam, sedangkan peramalan secara kualitatif dilakukan dengan menganalisis kondisi objektif yang memanfaatkan faktor-faktor seperti pengalaman pribadi, pendapat, intuisi, dan sistem nilai pengambilan keputusan. Baik buruknya metode peramalan yang digunakan bergantung pada seberapa besar penyimpangan atau perbedaan antara hasil ramalan dengan kenyataan yang terjadi. Semakin sedikit selisih penyimpangan yang terjadi, semakin baik metode yang diterapkan. Metode kuantitatif dapat diterapkan dengan syarat (Yusuf, 2014):

1. Tersedia data dan informasi masa lalu
2. Data dan informasi tersebut dapat dikuantitatifkan dalam bentuk numerik
3. Diasumsikan beberapa aspek masa lalu akan terus berlanjut di masa datang

II.1.3. Faktor Teknis Desain Kapal

Dalam mendesain kapal, terdapat faktor-faktor teknis yang harus diperhitungkan sehingga dapat diperoleh karakteristik desain kapal yang sesuai dengan *owner requirement*. Faktor-faktor tersebut adalah sebagai berikut:

1. Penentuan Ukuran Utama

Ukuran utama kapal umumnya terdiri atas panjang, lebar, dan tinggi kapal. Panjang kapal pun bermacam-macam jenisnya, seperti *Length Overall* (LOA) yang merupakan panjang kapal keseluruhan dan *Length of Waterline* (LWL) yang merupakan panjang kapal yang diukur pada garis sarat kapal. Lebar kapal (*breadth*) adalah jarak mendatar dari gading tengah yang diukur pada bagian luar gading, dan tidak termasuk pelat lambung, sedangkan

tinggi kapal (*height*) adalah jarak vertikal yang diukur dari *baseline* sampai garis geladak. Menentukan ukuran utama kapal dapat dilakukan dengan metode-metode sebagai berikut:

- **Metode 256**, merupakan metode yang didasarkan terhadap suatu *objective function* yang ditinjau untuk mendapatkan ukuran utama awal yang optimum. Unsur-unsur dasar yang dibutuhkan dalam melakukan metode ini antara lain nilai *Froude Number* (F_n), L/B , B/T , dan T/H . Setelah data-data tersebut tersedia, langkah selanjutnya adalah mengoptimasi ukuran utama awal dengan persentase 1,667% dan 5% batas atas dan batas bawah. Hasil dari metode ini yaitu didapatkannya 256 data ukuran utama yang nantinya akan dipilih berdasarkan faktor-faktor yang ditinjau.
- **Set-Based Design**, merupakan metode desain kapal yang dikembangkan dari teori-teori desain kapal yang terdahulu untuk mendapatkan ukuran utama kapal yang optimal. Prinsip dari metode ini adalah dengan mempertimbangkan banyak model desain untuk memahami lingkup kapal yang akan dirancang, membiarkan *specialist* untuk mempertimbangkan sebuah desain dari perspektif-perspektifnya untuk mendapatkan desain yang optimal, dan mengutamakan kelayakan dari desain (Singer, Doerry, & Buckley).

2. Perhitungan Berat Kapal

Berat kapal terdiri atas LWT (*Light Weight Tonnage*) dan DWT (*Dead Weight Tonnage*). Komponen LWT pada kapal yaitu merupakan berat kapal saat kondisi kosong yang meliputi berat konstruksi, berat permesinan, dan berat perlengkapan (*outfitting*) yang terpasang pada kapal. Sedangkan komponen DWT merupakan berat yang meliputi berat kru dan penumpang serta barang bawaannya, berat *fresh water*, berat *sewage*, berat bahan bakar, berat minyak pelumas, dan berat *provision*.

3. Koefisien Bentuk Badan Kapal

Perhitungan koefisien bentuk badan kapal yang dianalisis adalah nilai koefisien blok (C_B), koefisien *midship* (C_M), koefisien prisma (C_P), koefisien waterplan (C_{WP}), LCB dan juga *displacement*.

- **Koefisien Blok (C_B)**

Koefisien Blok merupakan perbandingan volume antara badan kapal yang tercelup air dengan volume balok yang memiliki dimensi $L \times B \times H$ dari kapal. Rumus perhitungan C_B adalah sebagai berikut:

$$C_B = \frac{V}{L.B.T} \quad (\text{II-1})$$

Persamaan II.1 digunakan untuk mencari nilai C_B kapal jika *displacement* kapal diketahui. Sedangkan untuk mendapatkan nilai C_B pada desain awal, Menurut Watson & Gilfillan dapat menggunakan rumus pendekatan melalui fungsi *Froud Number* (Parsons, 2001). Seperti yang di tunjukkan pada persamaan di bawah:

$$C_B = -4.22 + 27.8\sqrt{Fn} - 39.1Fn + 46.6Fn^3 \quad (\text{II-2})$$

Dimana *Froud Number* merupakan fungsi dari kecepatan kapal seperti pada persamaan berikut:

$$Fn = \frac{V_s}{\sqrt{g.L}} \quad (\text{II-3})$$

Dimana,

V_s = Kecepatan kapal

g = Nilai gravitasi bumi (9.81 m/s^2)

L = Panjang kapal

- **Koefisien Midship (C_M)**

Perbandingan antara luas penampang di bagian tengah kapal (midship) yang tercelup ke air dengan luas persegi yang memiliki ukuran B dan T merupakan nilai Koefisien Midship. Untuk mencari nilai C_M bisa dilakukan dengan dengan persamaan di bawah:

$$C_M = \frac{A_M}{B.T} \quad (\text{II-4})$$

Untuk mendapatkan nilai C_M pada desain awal, Menurut Watson & Gilfillan dapat menggunakan rumus pendekatan melalui fungsi C_B (Parsons, 2001). Seperti yang di tunjukkan pada persamaan berikut:

$$C_M = 0.997 + 0.085(C_B - 0.6) \quad (\text{II-5})$$

- **Koefisien Prismatic (C_P)**

Perbandingan antara volume badan kapal yang tercelup di dalam air dengan volume prisma segi empat yang memiliki luas penampang gading terbesar dan panjang L merupakan nilai dari Koefisien Prismatic. Rumus dari koefisien tersebut adalah sebagai berikut:

$$C_P = \frac{\nabla}{A_M \cdot L} \quad (\text{II-6})$$

Selain persamaan di atas, nilai C_P dapat dicari dengan perbandingan nilai C_B dengan C_M .

$$C_P = \frac{C_B}{C_M} \quad (\text{II-7})$$

- **Koefisien *Waterplan* (C_{WP})**

Perbandingan luas bidang air pada sarat dengan luas persegi yang memiliki dimensi $L_{WL} \times B$ merupakan nilai Koefisien *Waterplan*. Nilai C_{WP} dapat dicari dengan persamaan:

$$C_{WP} = \frac{A_{WP}}{L_{WL} \cdot B} \quad (\text{II-8})$$

Untuk mendapatkan nilai C_{WP} pada desain awal, Menurut Watson & Gilfillan dapat menggunakan rumus pendekatan melalui fungsi C_P (Parsons, 2001). Seperti yang di tunjukkan pada persamaan di bawah,

$$C_{WP} = 0.262 + 0.810 C_P \quad (\text{II-9})$$

- **LCB**

LCB merupakan letak memanjang dari titik apung (*buoyancy*). Nilai dari LCB dapat bernilai positif maupun negatif dari titik tengah kapal (*midship*) yang mempengaruhi hambatan kapal dan juga trim (Parsons, 2001).

$$LCB = -13.5 + 19.4 C_P \quad (\text{II-10})$$

- ***Displacement***

Berat air yang dipindahkan oleh badan kapal yang merupakan hasil konversi dari volume air yang dipindahkan (*volume displacement*) menjadi satuan massa (ton) disebut *displacement*. Nilai dari *displacement* dapat dicari dengan persamaan:

$$Volume\ Disp\ (\nabla) = L \times B \times T \times C_B\ (m^3) \quad (\text{II-11})$$

$$Disp (\Delta) = L \times B \times T \times C_B \times \rho \text{ (ton)} \quad (\text{II-12})$$

4. Perhitungan Hambatan Kapal

Gaya pada kapal yang bekerja berlawanan arah dengan arah laju kapal yang berwujud fluida disebut hambatan kapal (*ship resistance*). Perhitungan hambatan kapal diperlukan untuk mengetahui kebutuhan daya mesin kapal. Beberapa faktor yang mempengaruhi nilai hambatan kapal antara lain adalah ukuran utama kapal, kecepatan kapal, karakteristik lambung kapal di bawah sarat, berat kapal, dan lain-lain. Secara umum, hambatan kapal terbagi atas tiga yaitu hambatan gesek (*frictional resistance*), hambatan akibat gelombang (*wave-making resistance*), dan hambatan udara (*air resistance*). Pada Tugas Akhir, ini kapal yang digunakan termasuk ke dalam jenis tongkang, maka dari itu rumus hambatan yang digunakan di ambil dari *Korean Register* (KR) yaitu sebagai berikut (KR, 2010):

- **Frictional Resistance**

Rumus yang digunakan untuk menghitung *frictional resistance* yaitu:

$$R_f = 0,000136 \times F_1 \times A_1 \times v^2 \quad (\text{II-13})$$

Dimana,

F_1 = *Hull surface condition coefficient*, (0,8)

A_1 = *Surface area below waterline* (m²)

V = *Velocity* (knots)

- **Wave Making Resistance**

Hambatan jenis ini timbul akibat gelombang air yang timbul ketika kapal bergerak. Oleh *Korean Register*, hambatan akibat gelombang pada tongkang dirumuskan sebagai berikut:

$$R_w = 0,014 \times C \times F_2 \times A_2 \times v^2 \quad (\text{II-14})$$

Dimana,

C = *Resistance coefficient of rough sea*, (1,2)






F_2 = *Bow shape coefficient as obtained from*

A_2 = *Hull cross sectional area below the waterline* (m²)

v = *Velocity* (knots)

Untuk nilai F_2 dapat dilihat pada Tabel II.1

Tabel II. 1 Ship Bow Coefficient

Bow shape	C_b
	0.250
	0.267
	0.400
	0.333
	0.500

Sumber: *Korean Register Rules*, 2010

- ***Air Resistance***

Hambatan udara atau *air resistance* ditimbulkan oleh udara. *Korean Register* merumuskan hambatan udara pada tongkang sebagai berikut:

$$Ra = 0,0000195 \times Cs \times C_H \times A3 \times (v_W + v)^2 \quad (\text{II-15})$$

Dimana,

C_s = *Shape coefficient of hull surface facing the wind as obtained from*

C_H = *Coefficient of height from waterline to center of area facing the wind as obtained from*

$A3$ = *Total cross sectional area exposed to wind above waterline (m²)*

v_w = *wind velocity at service area (knots)*

Untuk nilai C_s dan C_H dapat dilihat pada Tabel II.2 dan Tabel II.3.

Tabel II. 2 Shape Coefficient of Hull Surface Facing the Wind

Shape of hull surface	C_s
spherical	0.4
cylindrical	0.5
leg brace	0.5
leg cord	0.7
large flat hull/deck house	1.0
clustered deck house	1.1
lattice structure	1.25
crane, beam, etc.	1.5

Sumber: *Korean Register Rules*, 2010

Tabel II. 3 Coefficient of Height from Waterline to Center of Area Facing the Wind

Height Area (m ²)	C _h
0 - 25.0	0.0
25.0 - 50.0	0.0
50.0 - 75.0	0.2
75.0 - 100.0	0.4
100.0 - 125.0	0.6
125.0 - 150.0	0.8
150.0 - 175.0	1.0
175.0 - 200.0	1.2
200.0 - 225.0	1.4
225.0 - 250.0	1.6
250.0 - 275.0	1.8
275.0 - 300.0	2.0
300.0 - 325.0	2.2
325.0 - 350.0	2.4
350.0 - 375.0	2.6
375.0 - 400.0	2.8
400.0 - 425.0	3.0
425.0 - 450.0	3.2
450.0 - 475.0	3.4
475.0 - 500.0	3.6
500.0 - 525.0	3.8
525.0 - 550.0	4.0
550.0 - 575.0	4.2
575.0 - 600.0	4.4
600.0 - 625.0	4.6
625.0 - 650.0	4.8
650.0 - 675.0	5.0
675.0 - 700.0	5.2
700.0 - 725.0	5.4
725.0 - 750.0	5.6
750.0 - 775.0	5.8
775.0 - 800.0	6.0
800.0 - 825.0	6.2
825.0 - 850.0	6.4
850.0 - 875.0	6.6
875.0 - 900.0	6.8
900.0 - 925.0	7.0
925.0 - 950.0	7.2
950.0 - 975.0	7.4
975.0 - 1000.0	7.6
1000.0 - 1025.0	7.8
1025.0 - 1050.0	8.0
1050.0 - 1075.0	8.2
1075.0 - 1100.0	8.4
1100.0 - 1125.0	8.6
1125.0 - 1150.0	8.8
1150.0 - 1175.0	9.0
1175.0 - 1200.0	9.2
1200.0 - 1225.0	9.4
1225.0 - 1250.0	9.6
1250.0 - 1275.0	9.8
1275.0 - 1300.0	10.0
1300.0 - 1325.0	10.2
1325.0 - 1350.0	10.4
1350.0 - 1375.0	10.6
1375.0 - 1400.0	10.8
1400.0 - 1425.0	11.0
1425.0 - 1450.0	11.2
1450.0 - 1475.0	11.4
1475.0 - 1500.0	11.6
1500.0 - 1525.0	11.8
1525.0 - 1550.0	12.0
1550.0 - 1575.0	12.2
1575.0 - 1600.0	12.4
1600.0 - 1625.0	12.6
1625.0 - 1650.0	12.8
1650.0 - 1675.0	13.0
1675.0 - 1700.0	13.2
1700.0 - 1725.0	13.4
1725.0 - 1750.0	13.6
1750.0 - 1775.0	13.8
1775.0 - 1800.0	14.0
1800.0 - 1825.0	14.2
1825.0 - 1850.0	14.4
1850.0 - 1875.0	14.6
1875.0 - 1900.0	14.8
1900.0 - 1925.0	15.0
1925.0 - 1950.0	15.2
1950.0 - 1975.0	15.4
1975.0 - 2000.0	15.6
2000.0 - 2025.0	15.8
2025.0 - 2050.0	16.0
2050.0 - 2075.0	16.2
2075.0 - 2100.0	16.4
2100.0 - 2125.0	16.6
2125.0 - 2150.0	16.8
2150.0 - 2175.0	17.0
2175.0 - 2200.0	17.2
2200.0 - 2225.0	17.4
2225.0 - 2250.0	17.6
2250.0 - 2275.0	17.8
2275.0 - 2300.0	18.0
2300.0 - 2325.0	18.2
2325.0 - 2350.0	18.4
2350.0 - 2375.0	18.6
2375.0 - 2400.0	18.8
2400.0 - 2425.0	19.0
2425.0 - 2450.0	19.2
2450.0 - 2475.0	19.4
2475.0 - 2500.0	19.6
2500.0 - 2525.0	19.8
2525.0 - 2550.0	20.0
2550.0 - 2575.0	20.2
2575.0 - 2600.0	20.4
2600.0 - 2625.0	20.6
2625.0 - 2650.0	20.8
2650.0 - 2675.0	21.0
2675.0 - 2700.0	21.2
2700.0 - 2725.0	21.4
2725.0 - 2750.0	21.6
2750.0 - 2775.0	21.8
2775.0 - 2800.0	22.0
2800.0 - 2825.0	22.2
2825.0 - 2850.0	22.4
2850.0 - 2875.0	22.6
2875.0 - 2900.0	22.8
2900.0 - 2925.0	23.0
2925.0 - 2950.0	23.2
2950.0 - 2975.0	23.4
2975.0 - 3000.0	23.6
3000.0 - 3025.0	23.8
3025.0 - 3050.0	24.0
3050.0 - 3075.0	24.2
3075.0 - 3100.0	24.4
3100.0 - 3125.0	24.6
3125.0 - 3150.0	24.8
3150.0 - 3175.0	25.0
3175.0 - 3200.0	25.2
3200.0 - 3225.0	25.4
3225.0 - 3250.0	25.6
3250.0 - 3275.0	25.8
3275.0 - 3300.0	26.0
3300.0 - 3325.0	26.2
3325.0 - 3350.0	26.4
3350.0 - 3375.0	26.6
3375.0 - 3400.0	26.8
3400.0 - 3425.0	27.0
3425.0 - 3450.0	27.2
3450.0 - 3475.0	27.4
3475.0 - 3500.0	27.6
3500.0 - 3525.0	27.8
3525.0 - 3550.0	28.0
3550.0 - 3575.0	28.2
3575.0 - 3600.0	28.4
3600.0 - 3625.0	28.6
3625.0 - 3650.0	28.8
3650.0 - 3675.0	29.0
3675.0 - 3700.0	29.2
3700.0 - 3725.0	29.4
3725.0 - 3750.0	29.6
3750.0 - 3775.0	29.8
3775.0 - 3800.0	30.0
3800.0 - 3825.0	30.2
3825.0 - 3850.0	30.4
3850.0 - 3875.0	30.6
3875.0 - 3900.0	30.8
3900.0 - 3925.0	31.0
3925.0 - 3950.0	31.2
3950.0 - 3975.0	31.4
3975.0 - 4000.0	31.6
4000.0 - 4025.0	31.8
4025.0 - 4050.0	32.0
4050.0 - 4075.0	32.2
4075.0 - 4100.0	32.4
4100.0 - 4125.0	32.6
4125.0 - 4150.0	32.8
4150.0 - 4175.0	33.0
4175.0 - 4200.0	33.2
4200.0 - 4225.0	33.4
4225.0 - 4250.0	33.6
4250.0 - 4275.0	33.8
4275.0 - 4300.0	34.0
4300.0 - 4325.0	34.2
4325.0 - 4350.0	34.4
4350.0 - 4375.0	34.6
4375.0 - 4400.0	34.8
4400.0 - 4425.0	35.0
4425.0 - 4450.0	35.2
4450.0 - 4475.0	35.4
4475.0 - 4500.0	35.6
4500.0 - 4525.0	35.8
4525.0 - 4550.0	36.0
4550.0 - 4575.0	36.2
4575.0 - 4600.0	36.4
4600.0 - 4625.0	36.6
4625.0 - 4650.0	36.8
4650.0 - 4675.0	37.0
4675.0 - 4700.0	37.2
4700.0 - 4725.0	37.4
4725.0 - 4750.0	37.6
4750.0 - 4775.0	37.8
4775.0 - 4800.0	38.0
4800.0 - 4825.0	38.2
4825.0 - 4850.0	38.4
4850.0 - 4875.0	38.6
4875.0 - 4900.0	38.8
4900.0 - 4925.0	39.0
4925.0 - 4950.0	39.2
4950.0 - 4975.0	39.4
4975.0 - 5000.0	39.6
5000.0 - 5025.0	39.8
5025.0 - 5050.0	40.0
5050.0 - 5075.0	40.2
5075.0 - 5100.0	40.4
5100.0 - 5125.0	40.6
5125.0 - 5150.0	40.8
5150.0 - 5175.0	41.0
5175.0 - 5200.0	41.2
5200.0 - 5225.0	41.4
5225.0 - 5250.0	41.6
5250.0 - 5275.0	41.8
5275.0 - 5300.0	42.0
5300.0 - 5325.0	42.2
5325.0 - 5350.0	42.4
5350.0 - 5375.0	42.6
5375.0 - 5400.0	42.8
5400.0 - 5425.0	43.0
5425.0 - 5450.0	43.2
5450.0 - 5475.0	43.4
5475.0 - 5500.0	43.6
5500.0 - 5525.0	43.8
5525.0 - 5550.0	44.0
5550.0 - 5575.0	44.2
5575.0 - 5600.0	44.4
5600.0 - 5625.0	44.6
5625.0 - 5650.0	44.8
5650.0 - 5675.0	45.0
5675.0 - 5700.0	45.2
5700.0 - 5725.0	45.4
5725.0 - 5750.0	45.6
5750.0 - 5775.0	45.8
5775.0 - 5800.0	46.0
5800.0 - 5825.0	46.2
5825.0 - 5850.0	46.4
5850.0 - 5875.0	46.6
5875.0 - 5900.0	46.8
5900.0 - 5925.0	47.0
5925.0 - 5950.0	47.2
5950.0 - 5975.0	47.4
5975.0 - 6000.0	47.6
6000.0 - 6025.0	47.8
6025.0 - 6050.0	48.0
6050.0 - 6075.0	48.2
6075.0 - 6100.0	48.4
6100.0 - 6125.0	48.6
6125.0 - 6150.0	48.8
6150.0 - 6175.0	49.0
6175.0 - 6200.0	49.2
6200.0 - 6225.0	49.4
6225.0 - 6250.0	49.6
6250.0 - 6275.0	49.8
6275.0 - 6300.0	50.0
6300.0 - 6325.0	50.2
6325.0 - 6350.0	50.4
6350.0 - 6375.0	50.6
6375.0 - 6400.0	50.8
6400.0 - 6425.0	51.0
6425.0 - 6450.0	51.2
6450.0 - 6475.0	51.4
6475.0 - 6500.0	51.6
6500.0 - 6525.0	51.8
6525.0 - 6550.0	52.0
6550.0 - 6575.0	52.2
6575.0 - 6600.0	52.4
6600.0 - 6625.0	52.6
6625.0 - 6650.0	52.8
6650.0 - 6675.0	53.0
6675.0 - 6700.0	53.2
6700.0 - 6725.0	53.4
6725.0 - 6750.0	53.6
6750.0 - 6775.0	53.8
6775.0 - 6800.0	54.0
6800.0 - 6825.0	54.2
6825.0 - 6850.0	54.4
6850.0 - 6875.0	54.6
6875.0 - 6900.0	54.8
6900.0 - 6925.0	55.0
6925.0 - 6950.0	55.2
6950.0 - 6975.0	55.4
6975.0 - 7000.0	55.6
7000.0 - 7025.0	55.8
7025.0 - 7050.0	56.0
7050.0 - 7075.0	56.2
7075.0 - 7100.0	56.4
7100.0 - 7125.0	56.6
7125.0 - 7150.0	56.8
7150.0 - 7175.0	57.0
7175.0 - 7200.0	57.2
7200.0 - 7225.0	57.4
7225.0 - 7250.0	57.6
7250.0 - 7275.0	57.8
7275.0 - 7300.0	58.0
7300.0 - 7325.0	58.2
7325.0 - 7350.0	58.4
7350.0 - 7375.0	58.6
7375.0 - 7400.0	58.8
7400.0 - 7425.0	59.0
7425.0 - 7450.0	59.2
7450.0 - 7475.0	59.4
7475.0 - 7500.0	59.6
7500.0 - 7525.0	59.8
7525.0 - 7550.0	60.0
7550.0 - 7575.0	60.2
7575.0 - 7600.0	60.4
7600.0 - 7625.0	60.6
7625.0 - 7650.0	60.8
7650.0 - 7675.0	61.0
7675.0 - 7700.0	61.2
7700.0 - 7725.0	61.4
7725.0 - 7750.0	61.6
7750.0 - 7775.0	61.8
7775.0 - 7800.0	62.0
7800.0 - 7825.0	62.2
7825.0 - 7850.0	62.4
7850.0 - 7875.0	62.6
7875.0 - 7900.0	62.8
7900.0 - 7925.0	63.0
7925.0 - 7950.0	63.2
7950.0 - 7975.0	63.4
7975.0 - 8000.0	63.6
8000.0 - 8025.0	63.8
8025.0 - 8050.0	64.0
8050.0 - 8075.0	64.2
8075.0 - 8100.0	64.4
8100.0 - 8125.0	64.6
8125.0 - 8150.0	64.8
8150.0 - 8175.0	65.0
8175.0 - 8200.0	65.2
8200.0 - 8225.0	65.4
8225.0 - 8250.0	65.6
8250.0 - 8275.0	65.8
8275.0 - 8300.0	66.0
8300.0 - 8325.0	66.2
8325.0 - 8350.0	66.4
8350.0 - 8375.0	66.6
8375.0 - 8400.0	66.8
8400.0 - 8425.0	67.0
8425.0 - 8450.0	67.2
8450.0 - 8475.0	67.4
8475.0 - 8500.0	67.6
8500.0 - 8525.0	67.8
8525.0 - 8550.0	68.0
8550.0 - 8575.0	68.2
8575.0 - 8600.0	68.4
8600.0 - 8625.0	68.6
8625.0 - 8650.0	68.8
8650.0 - 8675.0	69.0
8675.0 - 8700.0	69.2
8700.0 - 8725.0	69.4
8725.0 - 8750.0	69.6
8750.0 - 8775.0	69.8
8775.0 - 8800.0	70.0
8800.0 - 8825.0	70.2
8825.0 - 8850.0	70.4
8850.0 - 8875.0	70.6
8875.0 - 8900.0	70.8
8900.0 - 8925.0	71.0
8925.0 - 8950.0	71.2
8950.0 - 8975.0	71.4
8975.0 - 9000.0	71.6
9000.0 - 9025.0	71.8
9025.0 - 9050.0	72.0
9050.0 - 9075.0	72.2
9075.0 - 9100.0	72.4
9100.0 - 9125.0	72.6</

mengapung yaitu titik apung yang disimbolkan dengan “B” dan titik gravitasi kapal atau titik berat kapal yang disimbolkan dengan “G”. Kapal stabil yang diberi sudut kemiringan tertentu, akan menyebabkan titik B memproyeksikan sebuah titik apung baru, yang diberi simbol “B1”. Titik B1 ini kemudian akan membentuk garis khayal yang akan bertemu dengan proyeksi garis yang dibentuk titik G. Pertemuan antara kedua garis ini disebut titik metasenter, dilambangkan dengan titik “M”. Bila titik M ini berada di atas titik G, seperti yang diilustrasikan pada Gambar II.11, maka kapal dinyatakan stabil, karena kapal bisa kembali ke posisi semula setelah diberi sudut oleng tertentu.

Perhitungan stabilitas dilakukan untuk mengetahui apakah kapal dapat kembali ke kedudukan semula jika mengalami oleng pada saat berlayar. Dalam situasi ini, kriteria yang menjadi acuan dalam perhitungan stabilitas adalah *Intact Stability Code 2008*. Dalam IS Code 2008, kriteria yang harus dipenuhi dalam stabilitas adalah (International Maritime Organization, 2008)

- **$\text{e0 } 30^\circ \geq 0.055 \text{ m.rad}$** , luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $30^\circ \geq 0.055 \text{ m.rad}$.
- **$\text{e0 } 40^\circ \geq 0.09 \text{ m.rad}$** , luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $40^\circ \geq 0.09 \text{ m.rad}$.
- **$\text{e30,40}^\circ \geq 0.03 \text{ m.rad}$** , luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $30^\circ \sim 40^\circ \geq 0.03 \text{ m.rad}$ • **$\text{h30}^\circ \geq 0.2\text{m}$** , lengan penegak GZ paling sedikit 0.2 m pada sudut oleng 30° atau lebih.
- **$\text{Hmax pada } \phi_{\text{max}} \geq 25^\circ$** , lengan penegak maksimum pada sudut oleng lebih dari 25° .
- **$\text{GM0} \geq 0.15 \text{ m}$** , tinggi metasenter awal GM_0 tidak boleh kurang dari 0.15 meter.

6. Perhitungan *Freeboard*

Lambung Timbul (*freeboard*) merupakan jarak tepi sisi geladak terhadap garis air yang diukur secara vertikal pada bagian *midship* kapal. Perhitungan lambung timbul merupakan aspek penting yang harus dilakukan seorang desainer dalam mendesain kapal karena merupakan faktor keselamatan apda kapal. Persyaratan tentang lambung timbul kapal secara umum terdapat dalam peraturan Internasional ICLL (*International Convention on Load Lines*), *Korean Register Rules* (untuk *barges*), dan peraturan-peraturan dari klasifikasi lainnya. Karena dalam Tugas Akhir ini kapal termasuk ke dalam jenis tongkang (*barge*), maka rumus yang digunakan berdasarkan *Korean Register Rules* berikut (KR, 2010):

$$F = \frac{10(0,68+Cb)K}{1,36} \quad (\text{II-16})$$

Dimana,

F = *Freeboard* (mm)

C_b = *Block Coefficient*, tidak boleh kurang dari 0,68

K = nilai sesuai dengan Tabel II.4

Tabel II. 4 Nilai K

Type of Barges		K
$L < 50 \text{ m}$	<i>Cargo Barges</i>	0,8 L
	<i>Oil Barges</i>	0,5 L
$L \geq 50 \text{ m}$	<i>Cargo Barges</i>	$(L/10)^2 + (L/10) + 10$
	<i>Oil Barges</i>	$0,8(L/10)^2 + (L/10)$
(Note) L : Length of Barges (m)		

Sumber: *Korean Register*

7. Perhitungan Trim

Trim adalah kemiringan kapal secara memanjang akibat perbedaan sarat depan dan sarat belakang kapal. Berdasarkan International Maritime Organization (1998) dalam SOLAS Reg II/7, kondisi maksimum dari *trim* adalah $0,5\%L_{wl}$ (International Maritime Organization, 1988). Karena diakibatkan perbedaan sarat depan dan sarat belakang kapal, nilai trim dapat dicari dengan mengurangkan sarat belakang (T_A) dengan sarat depan (T_F) (The Society of Naval Architecture and Marine Engineers, 2003).

8. Rencana Garis

Rencana Garis atau *Lines Plan* merupakan gambar kapal yang tersusun atas garis yang dipotong secara melintang, memanjang, dan diagonal sehingga dapat dilihat dari tampak seperti depan, samping, dan atas. Beberapa gambar yang ada dalam Rencana Garis adalah sebagai berikut:

- **Body Plan**, merupakan garis-garis pada *body plan* yang menggambarkan bentuk potongan melintang pada badan kapal yang terbagi atas dua tampak, yaitu tampak depan dan belakang. Gambar *body plan* diproyeksikan terhadap gambar bagian-bagian kapal lainnya.
- **Sheer Plan**, merupakan garis-garis yang menggambarkan potongan memanjang badan kapal pada *buttock line*.

- **Half Breadth Plan**, merupakan garis-garis yang membentuk setengah lebar kapal terhadap *center line* yang menggambarkan bentuk potongan horizontal badan kapal pada garis air tertentu.
- **Water Lines (Garis Air)**, merupakan garis yang memotong badan kapal secara memanjang pada setiap ketinggian garis air tertentu.
- **Base Lines (Garis Dasar)**, merupakan garis yang terletak paling bawah pada garis air 0 m.
- **Load Water Lines (Garis Muat)**, merupakan garis air yang tertinggi ketika muatan dalam kondisi penuh. Dalam keadaan operasional garis muat ini dapat dilihat dengan adanya *freeboard mark* pada lambung kapal.
- **Garis Geladak**, merupakan garis yang terdiri atas garis geladak tepi dan geladak tengah. Untuk kapal yang memiliki *chamber*, jarak antara garis geladak tengah dan garis geladak tepi adalah 1/50 lebar setempat.
- **Buttock Lines**, merupakan garis tegak yang memotong kapal secara memanjang. Fungsi dari garis ini adalah untuk mengetahui keselarasan dan kebenaran dari bentuk *station-station* yang direncanakan ke arah memanjang kapal.
- **Sent Line**, merupakan garis yang ditarik pada salah satu atau beberapa titik pada garis (*center line*) dan membentuk sudut dengan garis tengah tersebut. Tujuan dari garis ini adalah untuk mengetahui keselarasan dan kebenaran dari bentuk *station-station* yang direncanakan ke arah diagonal.

9. Rencana Umum

Rencana Umum atau *General Arrangement* adalah perencanaan ruangan yang dibuat sesuai antara kebutuhan dengan fungsi dan perlengkapannya (Taggart, 1980). Penempatan lokasi kamar mesin, kebutuhan akomodasi, serta penempatan tangki-tangki yang dibutuhkan merupakan dasar dari desain Rencana Umum yang diadaptasi dari gambar *Lines Plan*. Selain itu juga perlu dipertimbangkan dimensi dari setiap perlengkapan yang akan diletakkan dalam ruangan dan juga aspek keselamatannya. Penyusunan yang baik akan memperhatikan faktor konstruksi dan manusia yang akan tinggal di kapal tersebut dan faktor konstruksi dalam pembagian ruangan-ruangan tersebut. Karakteristik Rencana Umum dibagi menjadi 4 bagian antara lain:

- a. Penentuan lokasi ruang utama
- b. Penentuan batas-batas ruangan

- c. Penentuan dan pemilihan perlengkapan yang tepat
- d. Penentuan akses (jalan atau lintasan) yang cukup

Yang harus dilakukan pertama dalam mendesain Rencana Umum adalah menempatkan ruangan-ruangan utama beserta batas-batasnya terhadap lambung kapal dan bangunan atas (Anggorodhana, 2017). Adapun ruangan utama dimaksud adalah:

- a. Ruang muat
- b. Kamar mesin
- c. Ruangan untuk crew dan penumpang
- d. Tangki-tangki (bahan bakar, *ballast*, air tawar, dll)
- e. Ruangan-ruangan lainnya

Pada saat yang bersamaan juga ditentukan kebutuhan lain yang harus diutamakan seperti:

- a. Sekat kedap masing-masing ruangan
- b. Stabilitas yang cukup
- c. Struktur/konstruksi
- d. Penyediaan akses yang cukup

Penyusunan Rencana Umum merupakan suatu proses bertahap yang disusun dari percobaan, pengecekan, dan penambahan. Referensinya bisa didapatkan dari data Rencana Umum kapal-kapal pembanding yang memiliki spesifikasi tidak jauh berbeda dengan kapal yang sedang dirancang. Pendekatan penyelesaian permasalahan Rencana Umum harus didasarkan pada informasi minimum yang meliputi:

- a. Penentuan volume ruang muat berdasarkan jenis dan jumlah muatan yang dimuat.
- b. Metode penyimpanan dan bongkar muat muatan.
- c. Penentuan volume ruangan untuk kamar mesin berdasarkan jenis dan dimensi mesin.
- d. Penentuan volume ruangan akomodasi berdasarkan jumlah *crew*, penumpang dan standar akomodasi.
- e. Penentuan volume tangki-tangki terutama untuk bahan bakar dan ballast berdasarkan jenis mesin, jenis bahan bakar, dan radius pelayaran.
- f. Penentuan pembagian dan pembatasan jarak sekat melintang.
- g. Penentuan dimensi kapal (L, B, H, dan T).
- h. *Lines plan* yang telah dibuat sebelumnya.

Setelah semua langkah tersebut dipenuhi dan desain kapal sudah jadi maka diperlukan pengecekan kembali atas ukuran-ukuran utama apakah sudah sesuai dengan yang ditentukan atau belum (Hofmann & Lamb, 2003).

II.1.4. Karakteristik Sistem Propulsi Waterjet

Kapal yang menggunakan sistem propulsi waterjet memiliki dua ruang lingkup sistem yang terdiri dari sistem lambung kapal yang polos (*bare hull system*) dan sistem waterjet (*waterjet system*). Badan kapal dengan sistem lambung kapal yang polos (*bare hull system*) tidak terpasang waterjet di dalamnya, namun dalam perhitungan berat serta posisi titik berat kapal (*center of gravity*) harus merupakan berat badan kapal dalam keadaan beroperasi dilaut sehingga berat air yang masuk melalui sistem waterjet harus diikutsertakan. Sistem waterjet umumnya terdiri dari sistem pompa (*pump system*) dan sistem saluran (*ducting system*). Tenaga mekanik dikonversikan dengan pompa menjadi tenaga hidrolis. Sedangkan sistem saluran berfungsi untuk mengarahkan laju aliran dari lingkungan ke pompa dan dari pompa untuk kembali ke lingkungan. Keberadaan sistem pompa pada sistem propulsi waterjet sama halnya dengan keberadaan motor pendorong pokok pada kapal-kapal lainnya. Akan tetapi pada sistem ini masih harus ada penggerak utama yang digunakan untuk menggerakkan pompa waterjet, dapat berupa mesin diesel, turbin gas, motor listrik dan yang lainnya sejauh masih memungkinkan untuk digunakan.

Dalam proses sistem propulsi waterjet, fluida atau air dari lingkungan akan dihisap melalui *intake* sebagai lubang masuknya fluida yang ada di dasar kapal, kemudian laju aliran fluida yang terhisap akan dipercepat oleh aktuator yang biasanya berupa pompa mekanis dan selanjutnya fluida disemburkan kembali ke lingkungan melalui *nozzle* sebagai lubang keluarnya fluida yang terletak di atas permukaan air. Semburan air yang keluar nantinya diatur oleh *deflector* untuk mengatur laju pergerakan kapal (Adji, 2009).

1. Gaya Dorong

Pendekatan yang digunakan untuk perhitungan gaya dorong dan torsi pada kapal dengan sistem waterjet adalah hukum kekekalan dasar momentum dan energi. Namun, setelah dilakukan kajian lebih lanjut terhadap penggunaan sistem waterjet, didapatkan kesimpulan bahwa teori tersebut saja tidak dapat dibenarkan. Hukum kekekalan dasar momentum dan energi masih mengabaikan pengaruh-pengaruh sekunder yang berperan dalam pencapaian efisiensi propulsif untuk dapat dibandingkan dengan *propeller*. Maka dari itu, hukum dasar untuk perhitungan penggerak sistem waterjet yang terdapat pada teori dasar momentum tetap

digunakan, namun perhitungan tersebut harus disertai dengan koreksi pengaruh praktis di lapangan melalui pengujian model fisik.

Gaya dorong adalah aksi dari pompa yang mengakibatkan fluida mengalir melalui saluran dengan memberikan energi pada sistem yang akan diubah oleh *nozzle* untuk mencapai kenaikan momentum aliran. Berdasarkan persamaan momentum aliran pada kontrol volume maka:

$$\Sigma F = \frac{\partial}{\partial t} \int_{CS} \vec{V} \cdot \rho \cdot dV + \int_{CS} \vec{V} \cdot \rho \cdot \vec{V} \cdot d\vec{A} \quad (\text{II-17})$$

Sehingga untuk aliran *steady* didapatkan:

$$\Sigma F_x = \int_{CS} \vec{V} \cdot \rho \cdot \vec{V} \cdot d\vec{A} \quad (\text{II-18})$$

$$\Sigma F_x = U_i \cdot (-\rho_i \cdot V_i \cdot A_i) + U_n \cdot (\rho_n \cdot V_n \cdot A_n) \quad (\text{II-19})$$

Dimana resultan gaya (ΣF) merupakan penjumlahan dari semua gaya yang bekerja pada sistem analog dengan gaya dorong (T). Akibat gesekan aliran pada permukaan bawah badan kapal, maka akan menimbulkan *boundary layer* yang akan mempengaruhi profil kecepatan pada lubang inlet. Persamaan gaya dorong untuk sistem propulsi waterjet adalah:

$$T = m \cdot (V_j - V_i) \quad (\text{II-20})$$

$$T = \rho \cdot A_n \cdot V_j \cdot (V_j - V_i) \quad (\text{II-21})$$

Dimana,

T = Gaya dorong

m = Laju aliran massa fluida

ρ = Massa jenis fluida kerja

A_n = Luas penampang outlet *nozzle*

V_j = Kecepatan aliran jet

V_i = Kecepatan aliran saluran inlet

2. Daya Dorong Efektif

Daya dorong efektif atau *Effective Horse Power* (EHP) adalah besarnya daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal dengan kecepatan tertentu. Sistem propulsi yang menghasilkan daya dorong harus mampu mengatasi beban tahanan aliran agar kecepatan yang direncanakan dapat tercapai. Persamaan daya dorong efektif adalah:

$$EHP = R_T \cdot V_s \quad (\text{II-22})$$

Pada kondisi yang ideal maka harga (R) akan sama dengan (T), maka:

$$EHP = m. [V_j - (1 - w). V_s]. V_s \quad (II-23)$$

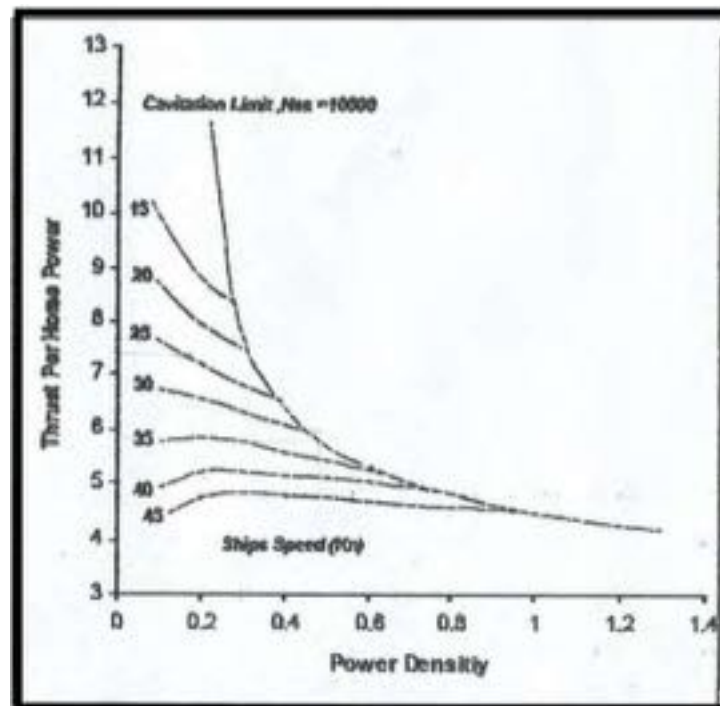
Dimana,

V_s = Kecepatan servis kapal

w = fraksi arus ikut (*wake*)

3. Dimensi Waterjet Pump

Nilai dari rasio gaya dorong dan SHP (T/SHP) dalam satuan (lbf/HP) dapat ditentukan dari diagram pada Gambar II. 3. Dari grafik tersebut, dapat ditentukan harga *power density* (SHP/Di²) dengan satuan (HP/cm²).



Sumber: *Band and Lewis, 1992*

Gambar II. 3 Diagram Dimensi Inlet Sistem Waterjet

- **Diameter Inlet Pompa (Di)**

Setelah didapatkan nilai *power density*, maka dapat ditentukan dimensi diameter inlet pompa (Di) dengan rumus sebagai berikut:

$$D_i = \sqrt{\frac{SHP}{power\ density}} \quad (II-24)$$

- **Rasio Luasan *Nozzle***

Dari nilai D_i atau diameter inlet pompa, dapat dihitung luasan inlet (A_i) untuk sistem saluran waterjet dengan rumus sebagai berikut:

$$A_i = \frac{\pi}{4} x D_i^2 \quad (\text{II-25})$$

Sedangkan untuk nilai luasan *nozzle* (A_n) dapat dicari dengan rumus sebagai berikut:

$$A_n = AR x A_i \quad (\text{II-26})$$

- **Diameter *Nozzle***

Nilai diameter dari *nozzle* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$D_n = \sqrt{AR x D_i^2} \quad (\text{II-27})$$

4. Fraksi Arus Ikut (w)

Perhitungan fraksi arus ikut (w) pada saluran masuk pada sistem waterjet menurut ITTC 1996 dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$w = \frac{T}{\rho \cdot Q_j \cdot V} + 1 - JVR \quad (\text{II-28})$$

Dimana,

$$JVR = \text{Jet Velocity Ratio}, \frac{V_i}{V_j}$$

$$Q_j = \text{Kapasitas aliran yang melewati jet}$$

Untuk menentukan nilai JVR, diperlukan kecepatan aliran yang melewati *nozzle* (V_i) dan kecepatan kapal (V_j) yang dapat dihitung dengan rumus-rumus sebagai berikut:

$$V_i = (1 - w) \cdot V_s \quad (\text{II-29})$$

$$V_j = 0.5 x \left[V_i + \sqrt{V_i^2 + \frac{4 \cdot T}{\rho \cdot A_n}} \right] \quad (\text{II-30})$$

Untuk mencari nilai V_i , biasa diasumsikan nilai fraksi arus ikut (w) sebesar 0.05. Sedangkan untuk nilai Q_j , dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q_j = A_n \cdot V_j \quad (\text{II-31})$$

Lalu, dapat dihitung kembali nilai fraksi arus ikut (w) dengan rumus sebagai berikut:

$$w = \frac{T}{\rho \cdot Q_j \cdot V} + 1 - JVR \quad (\text{II-32})$$

5. Efisiensi Waterjet

Energi aliran yang diberikan pompa adalah input energi sistem propulsi waterjet yang kemudian akan terjadi kenaikan momentum aliran pada *nozzle* karena adanya peningkatan kecepatan aliran sehingga akan menghasilkan daya dorong. Perbandingan antara output energy terhadap input energy sistem propulsi waterjet adalah efisiensi jet (η_j).

$$\eta_j = \frac{T \cdot V_s}{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H_{pump}} \quad (\text{II-33})$$

atau

$$\eta_j = \frac{T \cdot V_s}{m \cdot g \cdot H_{pump}} \quad (\text{II-34})$$

Dengan mensubstitusikan persamaan *head pump* dan gaya dorong maka persamaan diatas akan menjadi:

$$\eta_j = \frac{m \cdot [V_j - (1-w) \cdot V_s] \cdot V_s}{\frac{1}{2} m [(1+\psi)V_j - (1-\zeta)(1+w)^2 V_s^2 + 2 \cdot g \cdot h \cdot j]} \quad (\text{II-35})$$

Jika pembilang dan penyebut dibagi dengan V_j^2 dan melakukan substitusi rasio kecepatan jet yang didefinisikan sebagai rasio kecepatan efektif (*wake*) terhadap kecepatan jet:

$$\mu = \frac{V_s}{V_j} \quad (\text{II-36})$$

dan

$$\mu_i = \frac{(1-w) \cdot V_s}{V_j} \quad (\text{II-37})$$

sehingga:

$$\mu_i = (1-w) \cdot \mu \quad (\text{II-38})$$

Kemudian persamaan II-20 dapat disusun kembali menjadi:

$$\eta_j = \frac{1}{(1-w)} \cdot \frac{2 \cdot \mu (1-\mu)}{(1+\psi) - (1-\zeta) \mu^2 + \frac{2 \cdot g \cdot h \cdot j}{V_j^2}} \quad (\text{II-39})$$

6. Efisiensi Lambung Kapal

Efisiensi lambung kapal (*hull*) dapat ditentukan dari *wake* efektif dan faktor *thrust deduction* yang terdapat pada kapal tersebut.

$$\eta_H = \frac{1-t}{1-w} \quad (\text{II-40})$$

Dimana,

η_H = Efisiensi badan kapal

t = *Thrust deduction*

w = *wake efektif*

Faktor *thrust deduction* (t) dapat ditentukan dari hasil kali *thrust* (T) dan besar tahanannya (R). Persamaan dari faktor *thrust deduction* adalah sebagai berikut:

$$t = 1 - \frac{R}{T} \quad (\text{II-41})$$

Sedangkan *wake efektif* dapat ditentukan dari pengukuran kecepatan aliran air sebelum masuk ke inlet. Persamaan dari *wake efektif* adalah sebagai berikut:

$$w = 1 - \frac{V_i}{V_s} \quad (\text{II-42})$$

Dimana,

V_i = Kecepatan rata-rata aliran masuk pada inlet

V_s = Kecepatan kapal

7. Efisiensi Propulsi Keseluruhan

Kapal yang bergerak akan menerima hambatan total yang harus mampu diatasi oleh sistem propulsinya. Efisiensi propulsi *overall* (OPC) adalah kemampuan sistem propulsi menyeluruh yang ditinjau dari energi yang diberikan penggerak pompa dan kerugian transmisi sampai pada keluaran daya efektif yang berguna untuk menggerakkan kapal. Efisiensi propulsi *overall* (OPC) dapat dijelaskan dengan rumus berikut:

$$OPC = \eta_{j \text{ aktual}} \cdot \eta_P \cdot \eta_r \cdot \eta_t \cdot (1 - t) \quad (\text{II-43})$$

$$OPC = \eta_{j \text{ ideal}} \cdot \eta_P \cdot \eta_r \cdot \eta_t \cdot \eta_H \quad (\text{II-44})$$

Dimana,

η_j = Efisiensi sistem jet yang dihitung dari kecepatan aliran jet, kerugian saluran inlet, kerugian *nozzle*, dan lainnya.

η_P = Efisiensi pompa

η_r = Efisiensi relatif, secara umum nilainya mendekati 1

η_H = Efisiensi badan kapal

II.2. Tinjauan Pustaka

II.2.1. Tinjauan Rute Pelayaran

1. Pulau Untung Jawa

Pulau Untung Jawa merupakan salah satu pulau berpenghuni yang berlokasi di kelurahan Untung Jawa, kecamatan Kepulauan Seribu Selatan. Pulau ini merupakan pusat pemerintahan kelurahan Pulau Untung Jawa. Dengan luas 40 ha, jumlah penduduk yang bertempat tinggal di Pulau Untung Jawa adalah 2184 jiwa (Badan Pusat Statistik, 2017). Terletak di laut jawa, pulau ini merupakan salah satu pulau yang berlokasi paling dekat dengan daratan Jakarta Utara. Peta wilayah Kepulauan Seribu dan Pulau Untung Jawa dapat dilihat pada Gambar II.4 dan Gambar II.5.

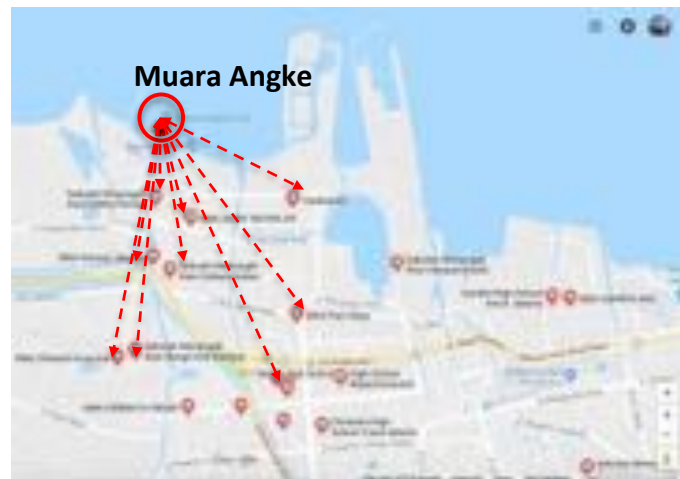


Sumber: peta-kota.blogspot.id

Gambar II. 4 Wilayah Kepulauan Seribu

2. Kota Jakarta Utara

Jakarta Utara merupakan kota administrasi di bagian utara DKI Jakarta. Pusat pemerintahannya terletak di Koja. Wilayah Jakarta Utara dibatasi oleh laut Jawa di sebelah utara, Bekasi di sebelah timur, Jakarta Barat, Jakarta Selatan dan Jakarta Timur di sebelah selatan, dan Tangerang di sebelah barat. Peta wilayah Jakarta Utara dapat dilihat pada Gambar II.7.



Sumber: maps.google.com

Gambar II. 7 Peta Jakarta Utara

Sebagai kota yang berbatasan dengan laut, Jakarta Utara memiliki 7 (tujuh) pelabuhan yang terdiri atas Pelabuhan Muara Angke, Pelabuhan Marina, Pelabuhan Tanjung Priuk, Pelabuhan Pantai Mutiara, Pelabuhan Marunda, Pelabuhan Muara Baru, dan Pelabuhan Sunda Kelapa. Untuk akses menuju Kepulauan Seribu dari Jakarta Utara umumnya menyeberang melalui Pelabuhan Muara Angke dan Marina. Terdapat 77 Sekolah Menengah Atas tersebar di Jakarta Utara yang di antaranya terletak dekat dengan pelabuhan Muara Angke. (Badan Pusat Statistika, 2017)

II.2.2. Pengertian Bus

Bus adalah kendaraan besar beroda yang digunakan untuk membawa penumpang dalam jumlah banyak. Berasal dari bahasa latin, *omnibus*, yang artinya “kendaraan yang berhenti di semua perhentian”, bus menjadi kendaraan umum yang populer digunakan oleh banyak orang. Saat ini, bus menjadi sebuah kendaraan umum yang sering kita lihat, baik di kota besar, maupun kota kecil. Bahkan di negara besar, bus menjadi transportasi yang umum digunakan semua orang.

1. Sejarah Bus

Pada tahun 1905, kendaraan bermotor dibangun untuk menggantikan kuda sebagai alat transportasi. Pada awalnya, bus bergerak dengan cara ditarik oleh kuda yang disebut *Omnibus*. Kendaraan tersebut pertama kali dioperasikan di Amerika Serikat oleh perusahaan bisnis transportasi milik seseorang bernama Abraham Brower. Omnibus dapat dilihat pada Gambar II.8.



Sumber: thehousehistorian.wordpress.com
Gambar II. 8 Omnibus

Kemudian dimulai dari tahun 1830-an, bus bertenaga uap mulai ada. Bus bertenaga mesin pertama muncul bersamaan dengan perkembangan mobil pada tahun 1895. Awal mula bus menjadi populer adalah ketika perang dunia 1 dimana mayoritas sarana rel digunakan untuk kebutuhan perang, dan kendaraan pribadi jumlahnya tidak banyak sehingga diperlukan transportasi berupa bus. Saat ini, di Indonesia bus pun menjadi salah satu transportasi umum yang populer dan memiliki komunitas pencinta bus, yang salah satunya bernama “Bismania” (Bismania).

2. Jenis Bus

Dalam perkembangannya, bus menjadi banyak jenis, sesuai dengan kebutuhannya. Kebutuhan itu bermacam-macam, baik untuk transportasi, wisata, maupun militer. Berikut beberapa jenis bus yang ada, yaitu:

- **Bus Sekolah**

Bus sekolah merupakan bus yang digunakan untuk mengangkut anak-anak sekolah. Pada umumnya, bus sekolah merupakan fasilitas dari pihak pemerintah atau sekolah (swasta) diperuntukkan untuk pelajar yang bertempat tinggal relatif jauh dari sekolahnya. Tidak hanya di negara maju seperti Amerika Serikat, di beberapa kota besar

tertentu di Indonesia juga telah ada bus sekolah yang mengantar jemput pelajar, seperti di Jakarta. Bentuk bus sekolah dapat dilihat pada Gambar II.9.



Sumber: tribunnews.com
Gambar II. 9 Bus Sekolah

- **Bus Tingkat**

Bus tingkat atau juga dikenal sebagai *double decker bus* dirancang dengan dua lantai agar dapat memuat lebih banyak penumpang. Tipe bus ini banyak digunakan di kota besar di dunia seperti Jerman, California, dan Singapura, Hongkong. Bentuk bus tingkat dapat dilihat pada Gambar II.10.



Sumber: generasinetizen.com
Gambar II. 10 Bus Tingkat

- **Bus Tempel**

Bus tempel adalah bus yang merupakan rangkaian 2 *chasis* yang tersambung dengan suatu sumbu putar/*turn table* dan mempunyai 3 as roda, yaitu 2 pada chasis di depan dan 1 pada chasis yang di belakang dalam satu kesatuan (dapat berupa tandem). Bus tempel digunakan pada trayek angkutan angkutan perkotaan yang penumpangnya banyak, karena setiap bus dapat mengangkut sampai 160 orang penumpang. Salah satu contoh bus tempel yaitu yang telah beroperasi di Jakarta adalah bus Transjakarta. Bentuk bus tempel dapat dilihat pada Gambar II.11.



Sumber: haltebus.com
Gambar II. 11 Bus Tempel

II.2.3. Bus Amfibi

Kendaraan amfibi merupakan kendaraan yang dapat beroperasi di dua alam, yaitu di darat dan di perairan. Berawal dengan kebutuhan militer untuk kapal perang, jenis kendaraan amfibi biasanya berbentuk tank. Namun, perkembangan teknologi yang semakin pesat menunjang peneliti untuk berinovasi sehingga jenis kendaraan amfibi menjadi cukup umum digunakan untuk keseharian (Adiba, 2016).

Kendaraan *Water Bus* merupakan hasil dari perkembangan teknologi yang pesat dan inovatif. Jenis transportasi amfibi ini berbentuk bus dan dapat mengangkut hingga 50 orang di laut dan di daratan. Pertama kali dibangun di Belanda dan Singapura, *Water Bus* merupakan kendaraan untuk pariwisata pada daerahnya. *Water bus* memiliki dua sistem penggerak, yaitu roda pada di darat dan penggerak propeller layaknya perahu atau kapal untuk melaju di perairan. Bentuk bus amfibi dapat dilihat pada Gambar II.12.



Sumber: splashtours.nl
Gambar II. 12 Bus Amfibi Splashtours Rotterdam

Kecepatan bus amfibi sendiri mencapai 80 mph di darat dan 7 *knot* di air. Kemampuan bus ini untuk mengapung disebabkan bagian bawah bus yang menyerupai lambung perahu agar dapat memecah air sehingga memudahkannya untuk melaju. Memiliki kemampuan menahan gelombang hingga ketinggian 3 meter, bus amfibi dapat melawan angin dengan kecepatan 40 mph dan memiliki daya sebesar 330 HP dengan transmisi otomatis.

II.2.4. Kapal Sekolah

Kapal Sekolah merupakan kapal penyeberangan yang disediakan oleh Dinas Transportasi dan Perhubungan Kepulauan Seribu untuk memfasilitasi pelajar di Kepulauan seribu. Akibat banyaknya sekolah yang tersebar di berbagai pulau di area ini, fasilitas ini sangat dibutuhkan untuk terus beroperasi demi kelancaran siswa dalam beraktivitas. Adapun bentuk Kapal Sekolah yang sudah beroperasi terdapat pada Gambar II.13.



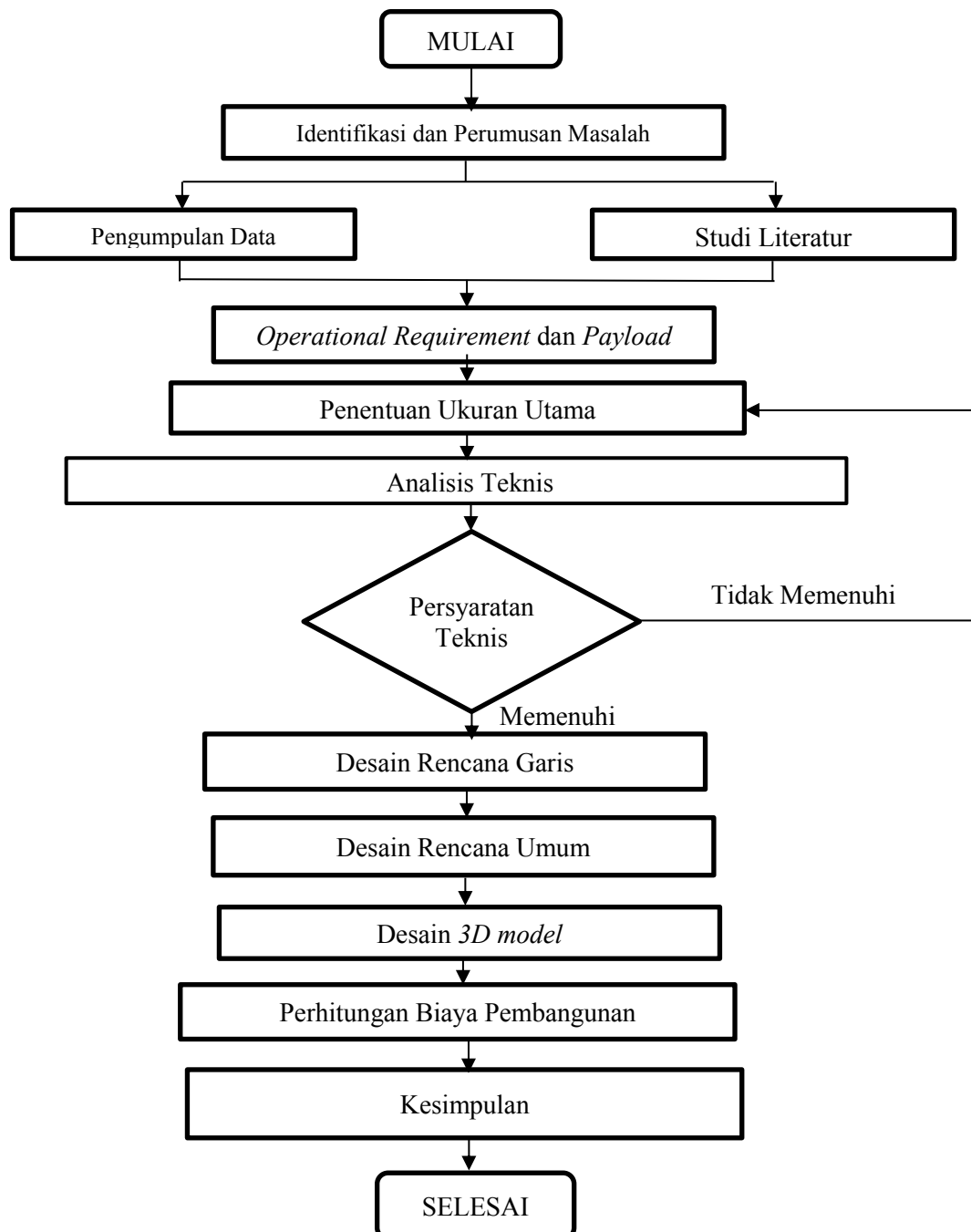
Sumber: beritatrans.com
Gambar II. 13 Kapal Sekolah

Saat ini telah beroperasi 3 unit Kapal Sekolah dengan lambung *monohull* yang dapat menampung 60 hingga 70 siswa dengan rute pelayaran dari Pulau Panggang ke Pulau Pramuka dan sebaliknya.

BAB III METODOLOGI

III.1. Metode

Untuk mendapatkan hasil desain kapal amfibi *Water School Bus* maka dibuatlah diagram alir (*flow chart*) metodologi penelitian sebagai berikut.



III.2. Proses Pengerjaan

III.2.1. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang relevan dan mencakup segala aspek yang berhubungan dalam pengerjaan Tugas Akhir. Data inilah yang akan menjadi acuan dari proses perancangan *Water School Bus*. Metode yang dilakukan dalam pengumpulan data tugas akhir ini adalah metode pengumpulan data secara tidak langsung (data sekunder). Data yang dibutuhkan antara lain:

1. Data Kapal

Data kapal digunakan sebagai acuan dalam menentukan ukuran utama dari kapal yang akan didesain.

2. Data Jumlah Pelajar

Data jumlah pelajar pada jenjang SMA di pulau Untung Jawa dibutuhkan untuk menentukan *payload* dari kapal amfibi *Water School Bus*.

III.2.2. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pembelajaran dan pengumpulan teori-teori yang menunjang Tugas Akhir dan berkaitan dengan kapal amfibi, *passenger ship*, perhitungan metode *forecasting*, perhitungan pemilihan *waterjet* sebagai propulsi dan penggerak kapal, perhitungan trim dan stabilitas kapal, *freeboard*, dan biaya pembangunan kapal.

III.2.3. Operational Requirement dan Payload

Penentuan *payload* dari kapal amfibi *Water School Bus* dilakukan dengan *forecasting* data jumlah siswa SMP di pulau untung Jawa yang melanjutkan sekolah ke tingkat SMA.

III.2.4. Penentuan Ukuran Utama Awal

Penentuan ukuran utama awal mengacu pada kapal pembanding yang sesuai dengan kapal yang akan didesain. Ukuran tersebut lalu divariasi dan dipilih untuk dijadikan ukuran sementara untuk perhitungan selanjutnya. Bila kedepannya ditemukan ketidaksesuaian ukuran kapal terhadap sifat kapal, ukuran ini bisa disesuaikan.

III.2.5. Analisis Teknis

Perhitungan teknis dilakukan sesuai dengan literatur yang dipelajari untuk menentukan kebutuhan desain kapal, seperti kecepatan, berat, dan *displacement*. Hal itu meliputi

perhitungan hambatan kapal, *power* mesin kapal, penentuan propulsi, penentuan *genset*, perhitungan berat kapal, perhitungan lambung timbul (*freeboard*) dan stabilitas.

III.2.6. Desain Rencana Garis, Rencana Umum, dan 3D Model

Pembuatan Rencana Garis (*Lines Plan*) dilakukan dengan membuat model lambung di *Maxsurf* dan di-export ke *AutoCad* untuk diperhalus gambarnya jika dibutuhkan. Sedangkan untuk pembuatan Rencana Umum (*General Arrangement*) dilakukan setelah mengerjakan *Lines Plan* karena membutuhkan *outline* dari Rencana Garis lalu dilengkapi dengan *machinary*, *equipment*, *outfitting* dan detail lainnya di *AutoCad*. Untuk pembuatan gambar 3 dimensi dilakukan setelah Rencana Umum (*General Arrangement*) selesai dengan menggunakan bantuan *software Sketchup*.

III.2.7. Perhitungan Biaya Pembangunan

Perhitungan biaya pembangunan dilakukan untuk mengetahui berapa biaya yang dibutuhkan untuk membangun kapal amfibi *Water School Bus* (*building cost*).

III.2.8. Kesimpulan

Setelah semua tahapan selesai dilaksanakan, kemudian ditarik kesimpulan dari analisis dan perhitungan. Kesimpulan berupa ukuran utama kapal dan koreksi keamanan terhadap standar yang sudah ada.

III.3. Bagan Alir

Dibawah ini merupakan tabel bagan alir perencanaan pengerjaan Tugas Akhir.

RENCANA KEGIATAN	BULAN															
	1				2				3				4			
	MINGGU				MINGGU				MINGGU				MINGGU			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Studi Literatur																
Pengumpulan Data																
Penentuan Ukuran Utama Awal																
Perhitungan dan Analisis Teknis																
Membuat Rencana Garis																
Membuat Rencana Umum																
Membuat 3D model																
Perhitungan Biaya Pembangunan																
Pembuatan Laporan																

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

ANALISIS TEKNIS


IV.1. Owner Requirement

IV.1.1. Perencanaan Muatan (Payload)

Langkah awal dari penelitian ini adalah menentukan *payload* dari kapal amfibi *Water School Bus*. Kapal ini merupakan *passenger ship* yang bertugas mengangkut pelajar SMA dari pulau Untung Jawa ke Jakarta Utara, maka dari itu dilakukannya *forecasting data* menggunakan metode *arithmetic straight line* yang menggunakan *times series* terhadap data jumlah pelajar SMP di pulau Untung Jawa. Data yang akan diramal dimulai dari tahun 2013 sampai 2016 untuk memproyeksikan 4 (empat) tahun yang akan datang. Data jumlah pelajar SMP di Pulau Untung Jawa dapat dilihat pada Lampiran A Data Pendukung.

Dari Lampiran A Data Pendukung mengenai jumlah pelajar SMP di pulau Untung Jawa, diasumsikan bahwa dalam satu SMP di Pulau Untung Jawa, terdapat tiga angkatan yaitu kelas 1, kelas 2, dan kelas 3. Untuk mendapatkan jumlah siswa kelas 3 yang akan lulus dan melanjutkan pendidikan ke tingkat SMA, jumlah keseluruhan pelajar SMP dibagi 3 (tiga), sehingga didapatkan jumlah sesuai Tabel IV.1.

Tabel IV. 1 Jumlah Pelajar SMP kelas 3 di Pulau Untung Jawa

TAHUN	JUMLAH SISWA SMP		TAHUN	JUMLAH SISWA SMP KELAS 3
2013	100		2013	34
2014	109		2014	36
2015	111		2015	37
2016	111		2016	37

Sumber: BPS Kepulauan Seribu

Setelah didapatkan jumlah pelajar kelas 3 yang akan lulus dan melanjutkan pendidikan ke tingkat SMA, dilakukan peramalan jumlah pelajar SMA 4 (empat) tahun mendatang dari 2017 hingga tahun 2020. Untuk meramal dengan metode ini, yang pertama dicari adalah nilai rata-rata atau *average* yang nantinya berperan sebagai penjumlah untuk meramal tahun-tahun berikutnya. Nilai *average* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Average} = \frac{(\text{Actual Number Last Year} - \text{Less Number in the First Year})}{n} \quad (\text{IV-1})$$

$$\text{Average} = \frac{\text{The Difference}}{n} \quad (\text{IV-2})$$

Dimana,

Average = Nilai rata-rata

Actual number last year = Jumlah pada tahun terakhir

Less number in the first year = Jumlah pada tahun pertama

The Difference = Selisih antara *actual number last year* dan *less number in the first year*

n = Jumlah tahun yang diramal

Dari perhitungan di atas, didapatkan nilai *average* seperti pada Tabel IV.2.

Tabel IV. 2 Perhitungan Nilai Rata-Rata (*Average*)

<i>Actual number last year</i>	37
<i>Less number in the first year</i>	34
<i>The difference (inc/dec)</i>	3
<i>Average</i>	0.75

Nilai *average* yang didapat berikutnya dijumlahkan ke setiap tahun yang akan datang untuk meramal berapa jumlah pelajar SMP kelas 3 yang akan melanjutkan pendidikan ke tingkat SMA. Hasil *forecasting data* dari tahun 2017 ke 2018 dapat dilihat pada Tabel IV.3.

Tabel IV. 3 Hasil Ramalan Jumlah Pelajar Kelas 3 SMP Tahun 2017-2020

TAHUN	JUMLAH SISWA SMP KELAS 3
2017	38
2018	39
2019	39
2020	40

Dari Tabel IV.3 dapat dilihat berapa jumlah penduduk Pulau Untung Jawa yang akan masuk SMA setiap tahunnya. Namun untuk menentukan kapasitas *Water School Bus*, diasumsikan setiap angkatan bersekolah selama 3 (tiga) tahun dan lulus SMA setelah itu, sehingga didapatkan jumlah pertambahan pelajar SMA Pulau Untung Jawa dari tahun 2017 hingga 2018 seperti pada Tabel IV.4.

Tabel IV. 4 Total Pelajar SMA di Pulau Untung Jawa dari Tahun 2017 sampai 2020

TAHUN	JUMLAH SISWA SMA
2017	38
2018	77
2019	116
2020	118

Dapat dilihat dari hasil *forecasting data* di atas bahwa total pelajar SMA di Pulau Untung Jawa sampai dengan tahun 2020 adalah sejumlah 118 siswa. Oleh karena itu, akan didesain 2 (dua) *fleet* kapal amfibi *Water School Bus* dengan kapasitas 60 orang yang terdiri atas 59 siswa dan 1 sopir bus.

IV.1.2. Kecepatan *Water School Bus*

Kecepatan kapal amfibi *Water School Bus* ditentukan berdasarkan jarak pelayaran dari kapal dan kebutuhan durasi perjalanan yang berkaitan dengan jam masuk sekolah pelajar SMA di Jakarta Utara. Jarak pelayaran dari Pulau Untung Jawa ke Muara Angke yaitu 12.98 km atau sama dengan 7.98 *miles*. Jam masuk sekolah di Jakarta adalah pukul 06.30 WIB dan diasumsikan jarak dari Muara Angke ke sekolah-sekolah di kawasan Jakarta Utara memakan waktu sekitar 10-15 menit. Maka dari itu, paling tidak pelajar harus sampai di Muara Angke pukul 05.40 dengan asumsi membutuhkan waktu 30 menit untuk membuang *ballast water* pada kapal. Durasi pelayaran yang ditentukan adalah 50 menit sehingga pelajar diharuskan berangkat dari Pulau Untung Jawa pukul 04.50. Dari durasi pelayaran yang ditentukan, didapatkan besar kecepatan kapal amfibi *Water School Bus* dengan rumus umum kecepatan sebagai berikut:

$$V_s = \frac{\text{Jarak (km)}}{\text{Waktu (menit)}} \quad (\text{IV-3})$$

Sehingga:

$$V_s = \frac{12.98 \text{ km}}{50 \text{ menit}}$$

$$V_s = 0.2596 \text{ km/menit}$$

Dimana,

$$1 \text{ km/menit} = 16.6667 \text{ m/s}$$

$$1 \text{ m/s} = 0.51444 \text{ knot},$$

Maka didapatkan nilai kecepatan untuk *Water School Bus* sebagai berikut:

$$V_s = 0.2596 \text{ km/menit} = 4.3266 \text{ m/s} = 8.41 \text{ knot}$$

Dari perhitungan di atas, didapatkan bahwa kecepatan kapal amfibi *Water School Bus* yang dibutuhkan untuk mengantar pelajar SMA dari Pulau Untung Jawa ke sekolah di Jakarta Utara adalah sebesar 8.41 *knots*.

IV.2. Perhitungan Teknis

IV.2.1. Perencanaan Ukuran Utama

Setelah didapatkan jumlah muatan yang akan diangkut, langkah yang harus dilakukan berikutnya adalah menentukan ukuran utama dari kapal amfibi *Water School Bus*. Ukuran-ukuran yang harus ditentukan pada tahap ini adalah panjang (L), lebar (B), dan tinggi (H), tinggi sarat (T), koefisien blok (C_b) dan besar displacement kapal (Δ). Untuk menentukan ukuran utama awal, *Water School Bus* mengacu pada bus amfibi milik *Splashtours* berkapasitas 50 *seats* yang dapat dilihat pada Lampiran A Data Pendukung dan memiliki ukuran utama sebagai berikut:

L	= 13.8 m
B	= 2.55 m
H	= 3.8 m
T	= 1.8 m

Dari ukuran utama awal tersebut dihitung nilai *Froude Number* seperti yang sudah dijelaskan pada Sub Bab II.1.3 bagian 3, dan dilakukan perbandingan terhadap ukuran utama awal L, B dan T dari kapal seperti pada Tabel IV.5.

Tabel IV. 5 Variabel Pendukung Metode 256 dari Ukuran Utama Awal

Variabel	Nilai
F_n	0.37
L/B	5.41
B/T	1.42
T/H	0.47

Setelah diperoleh variabel-variabel tersebut, ukuran tersebut lalu diolah dengan metode 256 sehingga didapatkan 256 variasi ukuran utama. Dalam operasinya, hasil dari 256 ukuran utama kapal yang dipersentasekan pada batas atas dan batas bawah dari ukuran utama awal kapal yang telah diperoleh (variasi penambahan sebesar x %). Persentase batas atas yang dipakai bernilai -1,667 % dan -5 %. Begitu juga pada persentase batas bawah metode 256 bernilai 1,667 % dan 5 %. Penjabaran tentang variasi penambahan sebesar x % dijelaskan pada Tabel IV.6 berikut ini:

Tabel IV. 6 Variasi Penambahan X% terhadap Variabel Metode 256

X	$F_n + X\%$	X	$L/B + X\%$	X	$B/T + X\%$	X	$T/H + X\%$
-5.00%	0.3533	-5.00%	5.1412	-5.00%	1.3458	-5.00%	0.4500
-1.667%	0.3657	-1.667%	5.3216	-1.667%	1.3931	-1.667%	0.4658
1.667%	0.3781	1.667%	5.5020	1.667%	1.4403	1.667%	0.4816
5.00%	0.3905	5.00%	5.6824	5.00%	1.4875	5.00%	0.4974

Constraint pemilihan ukuran utama dari metode 256 ini mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 55 Tahun 2012 tentang Kendaraan yang dapat dilihat pada Lampiran A Data Pendukung, bus yang berjalan di jalanan umum dirancang dengan ukuran panjang 13.5 m sampai 18 m, lebar tidak melebihi 2.5 m, dan tinggi kendaraan tidak lebih dari 4.2 m atau 1.7 kali lebar kendaraannya. Oleh karena itu, dari 256 variasi ukuran dipilih ukuran utama sebagai berikut:

L = 14.27 m
 B = 2.5 m
 H = 4 m
 T = 1.8 m

Karena koefisien blok (C_B) pada bus amfibi *Splashtours* tidak diketahui, maka dilakukan pemodelan terhadap ukuran utama *Splashtours* di *maxsurf* yang dilakukan dengan cara *from scratch*. Nilai C_B yang didapatkan adalah sebesar 0.827 yang akhirnya digunakan pada *Water School Bus*. Selain nilai C_B , didapatkan juga dari *maxsurf* nilai koefisien-koefisien dari kapal yang telah dijelaskan pada Sub Bab II.1.3 bagian 3 dan dapat dilihat pada Tabel IV.7.

Tabel IV. 7 Nilai Koefisien Kapal

C_B	0.827
C_M	0.907
C_P	0.911
C_{WP}	0.998

Setelah didapatkan nilai C_B , dapat dihitung besar *displacement* dari ukuran utama yang sudah dipilih dengan rumus yang sudah dijelaskan pada Sub Bab II.1.3 bagian 3. Dari rumus tersebut, didapatkan nilai *displacement* kapal sebesar 54.78 ton. Namun, setelah dilakukan perhitungan analisis lebih lanjut mengenai berat LWT + DWT yang akan di jelaskan pada Sub Bab IV.2.4 Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal, nilai berat LWT + DWT dari kapal amfibi *Water School Bus* sebesar 48.55 ton sehingga dicari kombinasi lain dari 256 variasi ukuran yang memenuhi seluruh *constraint* sehingga ukuran utama dari *Water School Bus* dapat dilihat pada Tabel IV.8.

Tabel IV. 8 Ukuran Utama dari *Water School Bus*

Ship Dimensions	
L _{PP}	14.27 m
LWL	14.27 m
B	2.5 m
H	4 m
T	1.6 m
C _b	0.827
V _s	8.41 <i>knots</i>

IV.2.2. Hasil Perhitungan Hambatan Kapal

Perhitungan hambatan total untuk kapal amfibi *Water School Bus* menggunakan rumus dari *Korean Register Rules* seperti Sub Bab II.1.3 bagian 4. Nilai hambatan yang dicari adalah *frictional resistance* (hambatan gesek), *wave making resistance*, dan *air resistance* (hambatan udara). Dari hasil perhitungan ketiga hambatan tersebut, didapatkan nilai-nilai seperti pada Tabel IV.9.

Tabel IV. 9 Rekapitulasi Nilai Hambatan pada *Water School Bus*

Variabel Hambatan	Nilai (ton)
<i>Frictional Resistance</i>	0.176
<i>Wave Making Resistance</i>	1.737
<i>Air Resistance</i>	0.026
<i>Total Resistance</i> ($\sum 1 + 2 + 3$)	1.939

Didapatkan nilai hambatan total dari kapal amfibi *Water School Bus* sebesar 1.939 ton. Untuk mengkonversikan satuan ton ke kilonewton (kN), nilai harus dikalikan dengan nilai gravitasi bumi yaitu 9.81 m/s^2 , sehingga nilai hambatan total dari kapal yaitu sebesar 19.021 kN. Perhitungan lebih detail mengenai hambatan total dapat dilihat pada Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis.

IV.2.3. Pemilihan Mesin

Dalam pemilihan mesin induk, penggerak waterjet dan mesin bantu yang cocok digunakan pada *Water School Bus* diperlukan perhitungan akan kebutuhan daya mesin dari kapal.

1. Perhitungan Kebutuhan Daya Mesin Induk dan Waterjet

Daya dorong yang dibutuhkan kapal dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$T = \frac{RT}{(1-t)} \quad (\text{kN}) \quad (\text{IV-4})$$

Dimana besarnya harga dari faktor deduksi gaya dorong (t) untuk kapal kecepatan tinggi dengan sistem propulsi waterjet sekitar $(-0.05) - 0.20$. Untuk tahap perhitungan awal diambil harga $t = 0$, sehingga didapatkan besarnya daya dorong yang dibutuhkan adalah sama dengan besarnya tahanan total yang terjadi.

$$T = R_T \quad (\text{kN}) \quad (\text{IV-5})$$

Maka didapatkan nilai:

$$T = 19.021 \text{ KN}$$

Karena pada kapal ini hanya menggunakan 1 (satu) buah waterjet, maka perhitungan dilanjutkan dengan menghitung DHP dengan nilai OPC sebesar 0.2931 dan nilai V_s (kecepatan kapal) sebesar 8.41 knot. Perhitungan nilai OPC mengacu pada Sub Bab II.4 dan detailnya dapat dilihat pada Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis. Perhitungan DHP adalah sebagai berikut:

$$DHP = \left(\frac{T}{z} \right) \times \frac{V_s}{OPC} \quad (\text{IV-6})$$

$$\begin{aligned} DHP &= \left(\frac{19.021}{1} \right) \times \frac{8.41}{0.2931} \\ &= 280.754 \text{ kW} \\ &= 376.496 \text{ HP} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, didapatkan nilai DHP sebesar 376.496 HP. Dikarenakan letak kamar mesin dari *Water School Bus* yang berada di bagian belakang kapal, maka kapal akan mengalami *losses* sebesar 2% (Lewis, 1988) oleh karena itu perlu dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$SHP = \frac{DHP}{\eta_s \eta_b} \quad (\text{IV-7})$$

$$SHP = \frac{376.496 \text{ HP}}{0.98}$$

$$SHP = 384.180 \text{ HP}$$

Dimana nilai $\eta_s \eta_b$ merupakan nilai *losses* pada letak kamar mesin yang besarnya 0.98 (Parsons, 2001). Dari perhitungan di atas didapatkan nilai SHP sebesar 384.180 HP. Berikutnya adalah menghitung BHP_{scr} untuk menghindari terjadinya kavitasi pada impeller pompa sistem waterjet akibat putaran dari pemilihan *main engine*. Oleh karena itu digunakan *gearbox* untuk mengurangi kecepatan putar dan dihitung *gearbox losses* yang terjadi akibatnya. Nilai *losses* akibat gearbox (η_g) adalah 0.98 (Parsons, 2001).

$$BHP_{scr} = \frac{SHP}{\eta_g} \quad (IV-8)$$

$$BHP_{scr} = \frac{384.180 \text{ HP}}{0.98}$$

$$= 392.020 \text{ HP}$$

Setelah didapatkan nilai BHP_{scr} , lalu dihitung nilai BHP_{mcr} yang merupakan daya yang keluar pada kondisi maksimum dari mesin induk, dimana besarnya antara 10%-20%. Pada perhitungan ini digunakan *engine margin* sebesar 15% sehingga didapatkan nilai BHP_{mcr} sebagai berikut:

$$BHP_{mcr} = \frac{BHP_{scr}}{\text{engine margin}} \quad (IV-9)$$

$$BHP_{mcr} = \frac{392.020 \text{ HP}}{85\%}$$

$$BHP_{mcr} = 461.2 \text{ HP} = 343.9 \text{ kW}$$

Nilai BHP_{mcr} sebagai daya keluar mesin induk dan waterjet menjadi acuan dalam pemilihan *machinery* pada kapal amfibi *Water School Bus* yang spesifikasinya dapat dilihat pada Gambar IV.1 dan Tabel IV.10. Untuk spesifikasi lebih lengkap dapat dilihat pada Lampiran C Katalog Mesin, *Equipment*, dan *Outfitting* Kapal.



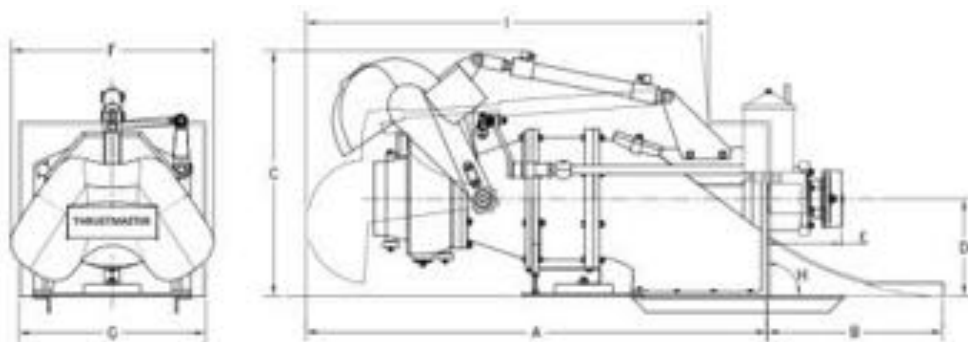
Sumber: (Caterpillar, 2005)
Gambar IV. 1 Mesin Induk Caterpillar C9 ACERT 375 kW

Tabel IV. 10 Spesifikasi Mesin CAT C9 ACERT

<i>Brand</i>	CATERPILLAR
<i>Type</i>	C9 ACERT
<i>Output Power</i>	375 kW
<i>Maximum RPM</i>	2500 rpm
<i>Dimensions (p x l x t)</i>	(1556 x 1014 x 1176) mm
<i>Fuel Consumption</i>	98.3 L/hr
<i>Weight</i>	0.946 ton

Sumber: (Caterpillar, 2005)

Dari nilai BHP_{mcr} yang didapat juga dipilih waterjet seperti pada Gambar IV.2 dan Tabel IV.11.



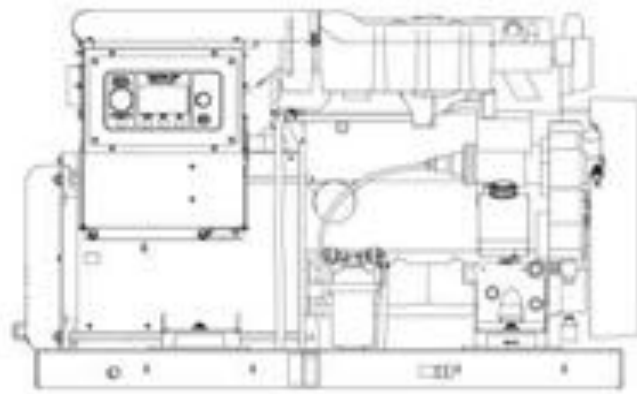
Sumber: (Thrustmaster Doen Waterjets, 2014)
Gambar IV. 2 Thrustmaster Jet 100 Series DJ120

Tabel IV. 11 Spesifikasi Waterjet Thrustmaster

<i>Brand</i>	THRUSTMASTER JET 100 SERIES
<i>Type</i>	DJ120
<i>Power</i>	380 kW
<i>Maximum RPM</i>	2800
<i>Dimensions (p x l x t)</i>	(1720 x 700 x 620) mm
<i>Weight</i>	0.225 ton

Sumber: (Thrustmaster Doen Waterjets, 2014)

Untuk menentukan besar kebutuhan kelistrikan dan pompa dari kapal amfibi *Water School Bus*, diambil dari 24% dari nilai daya kebutuhan mesin induk kapal yaitu sebesar 82.54 kW sehingga dipilih *generator* seperti pada Gambar IV.3 dan Tabel IV.12 sejumlah 4 (empat) unit.



Sumber: (Kohler, 2016)
Gambar IV. 3 KOHLER 21EKOZD

Tabel IV. 12 Spesifikasi Generator KOHLER

<i>Brand</i>	KOHLER
<i>Type</i>	21EKOZD
<i>Power</i>	21 kW
<i>Fuel Consumption</i>	6.7 L/hr
<i>Dimensions (p x l x t)</i>	(1121 x 577.5 x 694) mm
<i>Weight</i>	0.462 ton

Sumber: (Kohler, 2016)

2. Transmisi Bus

Mesin penggerak kapal amfibi *Water School Bus* saat beroperasi di laut dan di darat tetap menggunakan motor diesel yang terdapat pada kapal. Namun, yang membedakan adalah ketika di laut penggeraknya berupa *waterjet* dan di darat berupa roda dengan penggerak belakang. Untuk bisa menggerakkan *Water School Bus* di dua alam, diperlukan *gearbox* dengan desain khusus yang dapat mentransmisikan energi dari motor diesel ke roda dan *waterjet*. Pada Tugas Akhir ini, tidak dibahas secara detail desain dari *gearbox* tersebut dan pemilihan *gearbox* mengacu pada *gearbox* bus pada umumnya.

Dipilih *gearbox* dari Allison Transmission yang dapat dilihat pada Gambar IV.4 dan spesifikasinya dapat dilihat pada Lampiran C Katalog Mesin Penggerak dan Outfitting *Water School Bus*, dengan *max. input power* sebesar 550 HP dan rpm 2300 yang memiliki 6 (enam) *gear* dan 1 (satu) *reverse gear*. Gigi-gigi tersebut dapat menggerakkan roda-roda yang terhubung oleh *universal joint shaft* dari *gearbox*. Namun, dibutuhkan satu lagi gigi yang dapat menggerakkan *waterjet* sesuai dengan *rated speed* dari mesin induk. Karena *max. rpm gearbox* sebesar 2300 dan *output power* 375 kW dari mesin induk dapat berjalan pada rpm 1900 hingga 2500, maka untuk menambah *gear ratio* ke-7 untuk menggerakkan *waterjet*

dilakukan perbandingan antara rpm input dengan rpm waterjet, yang diambil rpm input sebesar 2300 dan rpm waterjet sebesar 2800 sehingga *gear ratio* tambahan yaitu 0.82:1. Maka, dapat diasumsikan bahwa *gearbox* dapat mentransmisikan energi kepada kedua penggerak kapal, baik di darat dan di laut dengan *gear ratios* seperti pada Tabel IV.13.



Sumber: (Allison Transmission, 2016)
Gambar IV. 4 Allison Transmission B500

Tabel IV. 13 *Gear Ratios yang Dibutuhkan pada Gearbox Khusus*

Gear Ratios	
1st Range	3.51:1
2nd Range	1.91:1
3rd Range	1.43:1
4th Range	1.00:1
5th Range	0.74:1
6th Range	0.64:1
7th Range	0.82:1
Reverse Range	-4.80:1

Sumber: (Allison Transmission, 2016)

IV.2.4. Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, berat kapal amfibi *Water School Bus* terdiri atas *lightweight* (LWT) dan *deadweight* (DWT). Lalu berat-berat tersebut dicari titik beratnya sehingga dihitung titik berat gabungan kapal yang merupakan gabungan dari seluruh komponen benda yang ikut terapung bersama kapal. Dalam perhitungan mencari titik berat terdapat dua jenis pendekatan, yaitu pendekatan dengan formula yang didapat dari hasil penelitian dan pengujian, serta pendekatan terhadap bentuk-bentuk bidang dan ruang seperti persegi, persegi panjang, segi tiga, lingkaran, trapesium, dan lain-lain. Untuk perhitungan jarak titik berat kapal dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu jarak titik berat secara memanjang (*longitudinal center of gravity/LCG*) untuk mengetahui dimana letak titik berat secara memanjang, yang pada umumnya menjadikan titik AP, *midship*, atau FP sebagai titik acuannya. Sedangkan jarak titik berat secara vertikal (*vertical center of gravity/VCG*)

digunakan untuk mengetahui letak titik berat secara vertikal, yang pada umumnya menjadikan dasar lunas (*keel*) sebagai titik acuan untuk mengukur VCG. Untuk berat kapal kosong atau LWT membutuhkan sedikit perhitungan konstruksi, sehingga badan kapal dibagi menjadi 3 (tiga) *block* atau biasa disebut dengan cara pos per pos. Pembagian *block* pada kapal juga berdasarkan ukuran pelat baja yang ada di pasaran, yaitu sekitar 6 meter. Lalu, untuk komponen-komponen lainnya cukup di rekapitulasi berdasarkan nilai berat, *Longitudinal Center of Gravity* (LCG), dan *Vertical Center of Gravity* (VCG). Untuk titik berat dari penumpang, *machinary*, *outfitting*, tangki-tangki, serta perlengkapan yang mengisi kapal mengacu pada penempatan item-item tersebut di Rencana Umum yang dapat dilihat pada Lampiran E Rencana Umum.

1. Perhitungan Konstruksi dan Modulus

Perhitungan konstruksi dari kapal amfibi *Water School Bus* menggunakan dasar *Rules* dari Biro Klasifikasi Indonesia *Volume II Rules For Hull*. Perhitungan konstruksi pada Tugas Akhir ini hanya bersifat asumsi karena perhitungan pada tahap konsep desain hanya sebatas pendekatan. Perhitungan konstruksi secara detail dapat dilakukan apabila telah memasuki tahap *Preliminary Design*. Berikut penjabaran rumus yang digunakan dalam perhitungan konstruksi kapal:

• Pembebanan

$$P_0 = 2,1 \cdot (CB + 0,7) \cdot C_0 \cdot CL \cdot f \cdot CRW \quad (\text{kN/m}^2) \quad (\text{IV-10})$$

dan,

$$P_{01} = 2,6 \cdot (CB + 0,7) \cdot C_0 \cdot CL \quad (\text{kN/m}^2) \quad (\text{IV-11})$$

Dimana,

P_0 = *Basic external dynamic load*

P_{01} = *For wave directions transverse the ship's heading*

C_B = *Block Coefficient*

C_0 = *Wave coefficient*

$$\left[\frac{L}{25} + 4,1 \right] \cdot C_{RW} \quad \text{for } L < 90 \text{ m}$$

$$\left[10,75 - \left[\frac{300-L}{100} \right]^{1,5} \right] \cdot C_{RW} \quad \text{for } 90 \leq L \leq 300 \text{ m}$$

$$10,75 \cdot C_{RW} \quad \text{for } L > 300 \text{ m}$$

C_L = *Length coefficient*

$$\sqrt{\frac{L}{90}} \quad \text{for } L < 90 \text{ m}$$

$$1,0 \quad \text{for } L \geq 90 \text{ m}$$

f = *Probability factor*

= 1,0 , *for plate panels*

= 0,75 , *for stiffeners*

= 0,60 , *for girders*

C_{RW} = *Service range coefficient*

= 1,00 , *for unlimited service range*

= 0,90 , *for service range P*

= 0,75 , *for service range L*

= 0,60 , *for service range T*

$$P_B = 10 \cdot T + P_0 \cdot CF \quad (\text{kN/m}^2) \quad (\text{IV-12})$$

dan,

$$P_{B1} = 10 \cdot T + P_{01} \cdot 2 \cdot |y|/B \quad (\text{kN/m}^2) \quad (\text{IV-13})$$

Dimana,

P_B = *External load of ship's bottom for wave direction with or against ship's heading*

P_{B1} = *External load of ship's bottom for wave direction transverse ship's heading*

T = sarat kapal (m)

C_F = *distribution factors* berdasarkan Tabel IV.14.

Untuk perhitungan pembebanan pada sisi, geladak, dan lain sebagainya di asumsikan sama dengan pembebanan pada alas. Diambilnya pembebanan pada alas dikarenakan beban terbesar pada kapal biasanya terdapat pada alas kapal. Pada Tabel IV.14 berikut dijabarkan hasil rekapitulasi nilai variabel pembebanan:

Tabel IV. 14 Nilai Variabel Pembebanan

Variabel Pembebanan	Nilai
C_L	0.398
C_B	0.827
C_0	3.503
C_F	$A = 1.605$
	$M = 1.00$
	$F = 1.242$

Dengan didapatkannya nilai-nilai variabel pembebanan, kapal dapat dihitung pembebanannya sesuai dengan rumus yang telah diberikan sebelumnya. Berikut rekapitulasi hasil pembebanan P_B , dan P_0 masing-masing dijelaskan dalam Tabel IV.15 dan Tabel IV.16.

Tabel IV. 15 Nilai Pembebanan P_B

Pembebanan P_B	Nilai (kN/m ²)	Range
P_B untuk Pelat	21.423	$0 \leq x/L \leq 0,2$
P_B untuk Penegar	20.078	
P_B untuk Penumpu	19.270	
P_B untuk Pelat	19.395	$0,2 \leq x/L \leq 0,7$
P_B untuk Penumpu	18.556	
P_B untuk Pelat	18.053	
P_B untuk Pelat	20.206	$0,7 \leq x/L \leq 1$
P_B untuk Penegar	19.165	
P_B untuk Penumpu	18.540	

Tabel IV. 16 Nilai Pembebanan P_0 dan P_{01}

Pembebanan P_0 dan P_{01}	Nilai (kN/m ²)
P_0 pelat	3.355
P_0 penegar	2.516
P_0 penumpu	2.013
P_{01}	5.538

Setelah didapatkan besar pembebanan seperti pada tabel di atas, perhitungan dilanjutkan dengan menghitung tebal pelat. Untuk perhitungan pembebanan secara mendetail dapat dilihat pada Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis.

- **Tebal Pelat**

Karena pembebanan seluruh badan kapal diasumsikan sama dengan beban pada alas, maka perhitungan tebal pelat juga menggunakan rumus tebal pelat untuk alas. Berikut rumus menghitung tebal pelat alas:

$$t_{B1} = 1,9 \cdot n f \cdot a \cdot \sqrt{P_B \cdot k} + t_K \text{ (mm), jika panjang kapal } \leq 90 \text{ m} \quad (\text{IV-14})$$

$$t_{B2} = 1,21 \cdot a + \sqrt{P_B \cdot k} + t_K \text{ (mm)} \quad (\text{IV-15})$$

$$t_{min} = (1,5 - 0,01L) \cdot \sqrt{L \cdot k} \text{ (mm), jika panjang kapal } < 50 \text{ m} \quad (\text{IV-16})$$

Dimana,

t_{B1} , t_{B2} , t_{min} = tebal pelat alas

P_B = Beban pada alas (kN/m²)

k = material factor, 1

n_f = 1.00, untuk sistem konstruksi melintang

0.83, untuk sistem konstruksi memanjang

a = jarak penegar (m)

t_k = corrosion addition

t_k = 1.5 mm for $t' \leq 10$ mm

$= \frac{0.1 \cdot t'}{\sqrt{k}} + 0.5$ mm, max 3.0 mm for $t' > 10$ mm

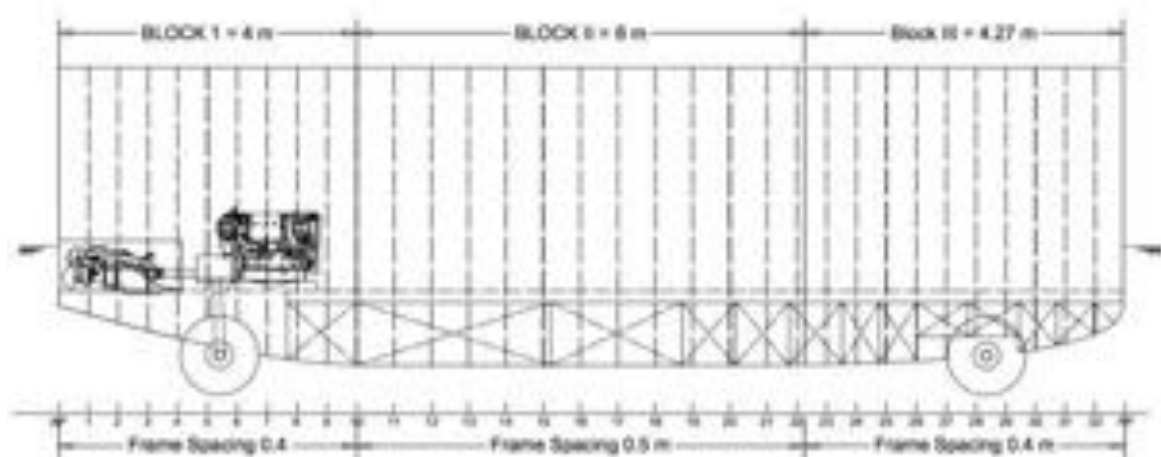
t' = required rule thickness excluding t_k (mm)

Rekapitulasi nilai dari variabel untuk menghitung tebal pelat alas dapat dilihat pada Tabel IV. 17 berikut:

Tabel IV. 17 Rekapitulasi Nilai Variabel Untuk Tebal Pelat

Variabel	Nilai
n_f (sistem konstruksi melintang)	1
t_k ($t' < 10$ mm)	1.5 mm
Jarak penegar di area $0 \leq x/L \leq 0,2$	0.4 m
Jarak penegar di area $0,2 \leq x/L \leq 0,7$	0.5 m
Jarak penegar di area $0,7 \leq x/L \leq 1$	0.4 m

Sesuai data yang disajikan pada Tabel IV.15 di atas, nilai jarak penegar pada tiap-tiap *range* direncanakan terlebih dahulu sehingga dapat dibuat sketsa *construction profile* untuk mengetahui letak-letak struktur konstruksi. Sketsa *construction profile* dapat dilihat pada Gambar IV.5 berikut ini:



Gambar IV. 5 Sketsa Construction Profile

Setelah sketsa *construction profile* digambar, maka nilai tebal pelat alas dapat dihitung. Nilai tebal pelat alas didapatkan sembilan hasil sesuai dengan banyaknya pembebanan pada *range* yang berbeda-beda. Dari sembilan hasil tebal pelat alas nantinya akan diambil yang terbesar pada masing-masing *range*. Rekapitulasi nilai tebal pelat alas berdasarkan *range*-nya dapat dilihat pada Tabel IV.18 berikut:

Tabel IV. 18 Rekapitulasi Nilai Tebal Pelat Alas

Tebal Pelat	Nilai	Range
t_{B1}	6 mm	$0 \leq x/L \leq 0,2$ Diambil = 6 mm = 0,006 m
t_{B2}	4 mm	
t_{min}	6 mm	
t_{B1}	6 mm	$0,2 \leq x/L \leq 0,7$ Diambil = 6 mm = 0,006 m
t_{B2}	4 mm	
t_{min}	6 mm	
t_{B1}	6 mm	$0,7 \leq x/L \leq 1$ Diambil 6 mm = 0,006 m
t_{B2}	4 mm	
t_{min}	6 mm	

Seperti yang telah dibahas sebelumnya bahwa tebal pelat alas akan digunakan untuk tebal pelat seluruh kapal (mewakili tebal pelat geladak, tebal pelat sisi, dan tebal pelat *inner bottom*) dengan *statement* beban terbesar pada kapal biasanya terdapat pada alas. Perhitungan konstruksi kapal secara detail dapat dilihat dalam Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis.

- **Perhitungan Modulus**

Setelah mendapatkan harga tebal pelat kapal, langkah selanjutnya adalah menghitung modulus yang juga diasumsikan pada alas, karena mengingat untuk menghitung konstruksi di awal telah dijelaskan bahwa nilai yang digunakan adalah alas. Rumus menghitung modulus menurut BKI sebagai berikut:

$$W = c.T.e.l^2 \quad (\text{cm}^3) \quad (\text{IV-17})$$

Dimana,

$e = \text{spacing of plate floor} \quad (\text{m})$

$l = \text{unsupported span} \quad (\text{m})$

$c = 7,5 \text{ for spaces which may be empty at full draught, e.g. machinery spaces, storerooms, etc.}$

$c = 4,5, \text{ elsewhere}$

T = sarat kapal (m)

Berikut rekapitulasi data hasil perhitungan modulus gading besar dan gading kecil untuk setiap *block* seperti pada Tabel IV.19 dan Tabel IV.20 berikut ini:

Tabel IV. 19 Rekapitulasi Perhitungan Modulus Gading Besar

Block	Modulus	Dimensi Profil (mm)	Luasan (m ²)
1	18.640	T 60x55x4	0.00046
2	23.86	T 70x60x4	0.00052
3	18.64	T 60x55x4	0.00046

Tabel IV. 20 Rekapitulasi Perhitungan Modulus Gading Kecil

Block	Modulus	Dimensi Profil (mm)	Luasan (m ²)
1	18.213	L 60x40x6	0.00060
2	22.766	L 75x50x5	0.00063
3	18.213	L 60x40x6	0.00060

Setelah nilai modulus diperoleh, selanjutnya memilih profil-profil yang dibutuhkan oleh kapal. Pada Tabel IV.19 dan Tabel IV.20 telah dipilih dimensi profil yang sesuai dengan nilai modulus, sehingga juga didapatkan besar luasan profil yang akan digunakan untuk menghitung berat dan titik berat kapal. Pemilihan dimensi profil ini berdasarkan katalog profil dari BKI yang dapat dilihat di Lampiran C Katalog Mesin, *Equipment*, dan *Outfitting*.

2. Berat *Lightweight* (LWT)

Berat kapal kosong, atau biasa disebut *lightweight* meliputi berat konstruksi kapal, berat permesinan (*machinery*), dan berat perlengkapan kapal (*outfitting*). Dalam menghitung berat konstruksi kapal, digunakan pembagian lambung kapal menjadi 3 (tiga) blok seperti yang dapat dilihat pada Gambar IV.5. Pada kapal ini, blok I diambil sepanjang 4 m, blok II sepanjang 6 m, dan blok III sepanjang 4.27 m. Alasan dibaginya kapal menjadi 3 (tiga) blok adalah karena panjang kapal amfibi *Water School Bus* adalah 14.27 m dan terhitung dari sekat kamar mesin diambil baja yang umum di pasaran dengan panjang 6 m sehingga blok II memiliki panjang 6 m. Perhitungan dari berat setiap blok dapat dilihat pada Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis, sedangkan rekapitulasi berat LWT dapat dilihat pada Tabel IV.21.

Tabel IV. 21 Rekapitulasi Berat *Lightweight* (LWT)

Item	Berat Total (ton)	VCG from Baseline (m)	LCG from Midhip (m)
Block 1	4.546	2.205	-6.361
Block 2	5.891	1.558	-0.139
Block 3	5.167	1.601	4.709
Mesin Induk	0.946	1.588	-4.142
Gear Box	0.243	1.254	-5.017
Waterjet	0.225	1.310	-6.479
Genarator 1 dan 2	0.924	0.356	-6.256
Generator 3 dan 4	0.924	0.356	-4.106
Kursi baris 1	0.013	1.418	5.517
Kursi baris 2	0.013	1.418	4.917
Kursi baris 3	0.005	1.418	4.317
Kursi baris 4	0.005	1.418	3.779
Kursi baris 5	0.013	1.418	3.226
Kursi baris 6	0.013	1.418	2.626
Kursi baris 7	0.013	1.418	2.026
Kursi baris 8	0.013	1.418	1.426
Kursi baris 9	0.013	1.418	0.826
Kursi baris 10	0.013	1.418	0.226
Kursi baris 11	0.013	1.418	-0.374
Kursi baris 12	0.013	1.418	-0.974
Kursi baris 13	0.013	1.418	-1.580
Kursi Supir	0.003	1.418	6.328
Meja Navigasi	0.040	1.350	6.764
WC	0.016	1.375	-2.325
Wastafel	0.010	1.360	-2.097
Ban 6	0.052	0.000	-5.136
Ban 5	0.052	0.000	-5.136
Ban 4	0.052	0.000	-5.136
Ban 3	0.052	0.000	-5.136
Ban 2	0.052	0.000	5.178
Ban 1	0.052	0.000	5.178
Berat Total (ton)	19.4		
VCG from Baseline (m)	1.578		
LCG from Midship (m)	-1.151		
LCG from AP (m)	5.985		

3. Berat *Deadweight* (DWT)

Berat dari *deadweight* meliputi berat penumpang beserta kru kapal, berat tangki bahan bakar, berat tangki air bersih, berat tangki pembuangan, dan berat tangki air *ballast* yang diperlukan kapal.

- **Perhitungan Berat Penumpang dan Kru**

Seperti yang sudah dijelaskan pada Sub Bab IV.1 mengenai *payload*, muatan dari kapal amfibi *Water School Bus* terdiri atas 60 orang, yaitu 59 pelajar sebagai penumpang dan 1 orang sopir. Diasumsikan bahwa berat setiap orang adalah 65 kg dengan barang bawaan 3 kg sehingga didapatkan berat *payload* dari hasil perkalian berat dan jumlah orang sebesar 4.08 ton. Karena dianggap bahwa di atas kapal penumpang semua duduk di kursi yang disediakan, titik berat penumpang dapat dilihat pada Tabel IV.22.

Tabel IV. 22 Rekapitulasi Berat dan Titik Berat Penumpang dan Kru

Item	Berat Total (ton)	VCG from Baseline (m)	LCG from Midhip (m)
Penumpang Baris 1	0.340	1.509	5.517
Penumpang Baris 2	0.340	1.509	4.917
Penumpang Baris 3	0.136	1.509	4.317
Penumpang Baris 4	0.136	1.509	3.779
Penumpang Baris 5	0.340	1.509	3.226
Penumpang Baris 6	0.340	1.509	2.626
Penumpang Baris 7	0.340	1.509	2.026
Penumpang Baris 8	0.340	1.509	1.426
Penumpang Baris 9	0.340	1.509	0.826
Penumpang Baris 10	0.340	1.509	0.226
Penumpang Baris 11	0.340	1.509	-0.374
Penumpang Baris 12	0.340	1.509	-0.974
Penumpang Baris 13	0.340	1.509	-1.580
Supir	0.068	1.509	6.328
Berat Total	4.080		
VCG from Baseline (m)	1.509		
LCG from Midship (m)	1.762		
LCG from AP (m)	8.897		

- **Perhitungan Berat Tangki Bahan Bakar**

Kebutuhan bahan bakar pada kapal amfibi *Water School Bus* dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu jarak yang ditempuh kapal, durasi yang dibutuhkan dan *fuel consumption* dari mesin induk dan mesin bantu yang bekerja pada kapal. Jarak antara

pulau Untung Jawa dan Muara Angke adalah 12.98 km atau 7.98 mil yang akan ditempuh dalam durasi 50 menit. Lamanya perjalanan di darat, dari Muara Angke menuju sekolah-sekolah diasumsikan selama 15 menit sehingga total durasi perjalanan yang dibutuhkan adalah 75 menit. Mengacu pada spesifikasi mesin yang dapat dilihat pada Tabel IV.10 dan Tabel IV.11, besar *fuel consumption* pada mesin induk sebesar 98.3 L/hr dan pada mesin generator sebesar 6.7 L/hr. Bahan bakar yang digunakan pada kapal ini adalah solar yang memiliki massa jenis 840 kg/m³. Hasil perhitungan berat dan titik berat dari tangki bahan bakar dapat dilihat pada Tabel IV.23 dan perhitungan detailnya dapat dilihat di Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis.

- **Perhitungan Berat Tangki Air Bersih (*Fresh Water Tank*)**

Kebutuhan air bersih pada kapal amfibi *Water School Bus* digunakan saat penumpang menggunakan wastafel. Diasumsikan kebutuhan setiap orang dalam bus adalah 2 liter dan tangki diisi setiap seminggu sekali, sehingga didapatkan berat dan titik berat tangki seperti pada Tabel IV.23 dan perhitungan lebih detail dapat dilihat di Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis.

- **Perhitungan Berat Tangki Pembuangan (*Sewage Tank*)**

Kebutuhan tangki pembuangan pada kapal amfibi *Water School Bus* digunakan saat penumpang melakukan pembuangan ke toilet. Diasumsikan setiap orang dalam bus membuang 1.5 liter dan tangki dikosongkan setiap seminggu sekali, sehingga didapatkan berat dan titik berat tangki seperti pada Tabel IV.23 dan perhitungan lebih detail dapat dilihat di Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis.

Tabel IV. 23 Rekapitulasi Berat dan Titik Berat Tangki *Consumable*

Item	Berat Total (ton)	Volume (m ³)	VCG from Baseline (m)	LCG from Midhip (m)
Fuel Tank	1.051	1.251	0.425	-3.607
FWT	0.840	0.840	0.425	-2.388
Seawage Tank	0.630	0.630	0.425	-0.838
Berat Total (ton)	2.521			
VCG from Baseline (m)	0.425			
LCG from Midship (m)	-2.509			
LCG from AP (m)	4.627			

- **Perhitungan Berat Tangki Air *Ballast* (*Water Ballast Tank*)**

Pada kapal amfibi *Water School Bus* dibutuhkan pemberat air *ballast* agar ketika kapal berjalan di perairan dapat memenuhi kriteria stabilitas pada kapal. Perencanaan berat dan titik berat tangki air *ballast* dapat dilihat didesain agar dapat memenuhi stabilitas kapal seperti pada Tabel IV.24.

Tabel IV. 24 Rekapitulasi Berat dan Titik Berat Tangki Air *Ballast*

Item	Berat Total (ton)	Volume (m ³)	VCG from Baseline (m)	LCG from Midhip (m)
W.B.T 1	4.190	4.088	0.425	-1.840
W.B.T 2	4.190	4.088	0.425	0.339
W.B.T 3	1.566	1.528	0.425	1.582
W.B.T 4	1.566	1.528	0.425	2.300
W.B.T 5	1.566	1.528	0.425	3.013
W.B.T 6	1.200	1.171	0.425	3.618
W.B.T 7	0.900	0.878	0.425	4.120
W.B.T 8	1.800	1.756	0.425	4.715
W.B.T 9	1.600	1.561	0.425	5.402
W.B.T 10	1.420	1.385	0.425	5.996
W.B.T 11	1.420	1.385	0.425	6.498
W.B.T 12	1.140	1.112	0.425	6.942
Berat Total (ton)	22.558			
VCG from Baseline (m)	0.425			
LCG from Midship (m)	2.453			
LCG from AP (m)	9.589			

4. Berat Kapal Total dan Koreksi Berat Kapal terhadap *Displacement*

Setelah LWT dan DWT ditemukan, selanjutnya adalah mengetahui seberapa berat kapal ini, diketahui dari menjumlahkan LWT dan DWT seperti yang terlihat pada Tabel IV.25.

Tabel IV. 25 Rekapitulasi Berat dan Titik Berat Kapal

LWT (ton)	19.4
DWT (ton)	29.159
Berat Total (ton)	48.553
Displacement (ton)	48.738
VCG from Baseline (m)	0.975
LCG from Midship (m)	0.698
LCG from AP (m)	7.833

Dari Perhitungan pada Tabel IV.25, diketahui bahwa besar berat kapal masih berada di bawah nilai *displacement*, dimana artinya kapal tidak akan tenggelam bila menerima beban dari LWT dan DWT kapal.

IV.2.5. Pemeriksaan Stabilitas

Pemeriksaan stabilitas pada kapal amfibi *Water School Bus* dibantu dengan *software Maxsurf Stability*. Perhitungan stabilitas pada kapal ini dilakukan dalam 14 (empat belas) kondisi yaitu, Kondisi 1 pada saat muatan dan *consumable* penuh, Kondisi 2 saat muatan penuh dan *consumable* kosong, Kondisi 3 saat muatan setengah terisi dan *consumable* penuh, Kondisi 4 saat muatan setengah terisi dan *consumable* kosong, Kondisi 5 saat muatan kosong dan *consumable* penuh, dan yang terakhir Kondisi 6 ketika muatan kosong dan *consumable* kosong. Terdapat juga variasi kondisi A, B, C, dimana Kondisi A adalah ketika penumpang tersebar merata, Kondisi B ketika penumpang tersebar di sisi kiri kapal, dan Kondisi C ketika penumpang tersebar di sisi kanan kapal. Hasil analisis dari *software Maxsurf* untuk kondisi-kondisi tersebut dapat dilihat pada Tabel IV.26, sedangkan tabel-tabel *loadcase* untuk kondisi-kondisi tersebut dapat dilihat pada Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis.

Tabel IV. 26 (a) Rekapitulasi *Stability Criteria* pada 14 Kondisi

Kriteria	Nilai Kriteria	Nilai Aktual Setiap Kondisi						Status	Unit
		1A	1B	1C	2A	2B	2C		
Area 0 to 30	> 0.055	0.093	0.104	0.081	0.103	0.115	0.091	Pass	m.rad
Area 0 to 40	> 0.09	0.157	0.172	0.143	0.182	0.197	0.166	Pass	m.rad
Area 30 to 40	> 0.03	0.065	0.068	0.061	0.078	0.081	0.075	Pass	m.rad
Max GZ at 30 or greater	> 0.2	0.54	0.54	0.54	0.56	0.56	0.56	Pass	m
Passenger Crowding Angle	< 10	6.9	4.2	9.5	7.6	5.6	9.7	Pass	deg
Initial GMt	> 0.15	0.489	0.489	0.489	0.657	0.657	0.657	Pass	m
Angle of Max GZ	> 25	68.2	67	68.2	66.4	66.4	67	Pass	deg

Tabel IV. 26 (b) Rekapitulasi *Stability Criteria* pada 14 Kondisi

Kriteria	Nilai Kriteria	Nilai Aktual Setiap Kondisi						Status	Unit
		3A	3B	3C	4A	4B	4C		
Area 0 to 30	> 0.055	0.092	0.101	0.086	0.102	0.111	0.095	Pass	m.rad
Area 0 to 40	> 0.09	0.158	0.169	0.150	0.181	0.192	0.172	Pass	m.rad
Area 30 to 40	> 0.03	0.066	0.069	0.064	0.079	0.081	0.077	Pass	m.rad
Max GZ at 30 or greater	> 0.2	0.54	0.54	0.54	0.56	0.56	0.56	Pass	m
Passenger Crowding Angle	< 10	7.8	5.9	9.2	8.4	6.9	9.5	Pass	deg
Initial GMt	> 0.15	0.516	0.516	0.516	0.677	0.677	0.677	Pass	m
Angle of Max GZ	> 25	68.2	67	68.2	66.4	66.4	66.4	Pass	deg

Tabel IV. 26 (c) Rekapitulasi *Stability Criteria* pada 14 Kondisi

Kriteria	Nilai Kriteria	Nilai Aktual Setiap Kondisi		Status	Unit
		5	6		
Area 0 to 30	> 0.055	0.086	0.067	Pass	m.rad
Area 0 to 40	> 0.09	0.149	0.122	Pass	m.rad
Area 30 to 40	> 0.03	0.063	0.055	Pass	m.rad
Max GZ at 30 or greater	> 0.2	0.54	0.54	Pass	m
Passenger Crowding Angle	< 10	-	-	Pass	deg
Initial GMt	> 0.15	0.499	0.454	Pass	m
Angle of Max GZ	> 25	68.2	68.2	Pass	deg

IV.2.6. Perhitungan Trim

Trim adalah keadaan kapal ketika sarat depan dan sarat belakang memiliki nilai selisih, sehingga kapal condong pada salah satu sisi dan tidak mengalami *even keel*. Hal yang menyebabkan terjadinya trim adalah tidak meratanya penyebaran gaya berat. Terdapat 2 (dua) macam trim, yaitu trim buritan (*trim by stern*) yang sifatnya condong ke belakang karena sarat belakang lebih tinggi dari sarat depan, dan sebaliknya adalah trim haluan (*trim by bow*). Perhitungan trim pada kapal ini dibantu dengan *software Maxsurf Stability* untuk mendapatkan nilai sarat (T) pada AP (*after peak*) dan FP (*fore peak*) sehingga seperti yang sudah dijelaskan pada Sub Bab II.1.3 bagian 7, didapatkan rekapitulasi trim pada 6 (enam) kondisi kapal seperti pada Tabel IV.27.

Tabel IV. 27 Rekapitulasi Nilai Trim pada 6 (Enam) Kondisi

<i>Loadcase</i>	T_A (m)	T_F (m)	$T_A - T_F$ (m)	Status
Kondisi 1	1.64	1.573	0.067	<i>Accepted</i>
Kondisi 2	1.569	1.517	0.052	<i>Accepted</i>
Kondisi 3	1.594	1.541	0.053	<i>Accepted</i>
Kondisi 4	1.527	1.481	0.046	<i>Accepted</i>
Kondisi 5	1.531	1.462	0.069	<i>Accepted</i>
Kondisi 6	1.46	1.406	0.054	<i>Accepted</i>

Kondisi maksimum dari *trim* adalah 0,5% dari L_{WL} sehingga pada kapal amfibi *Water School Bus*, trim yang diizinkan maksimum bernilai 0.07 m sehingga dapat disimpulkan bahwa trim dari kapal ini memenuhi persyaratan dan sifatnya adalah *trim by stern*.

IV.2.7. Perhitungan Lambung Timbul (*Freeboard*)

Perhitungan lambung timbul (*freeboard*) pada kapal amfibi *Water School Bus* mengacu pada rumus dari *Korean Register Rules* sebagai berikut:

$$F = \frac{10(0,68+Cb)K}{1,36} \quad (IV-18)$$

Dimana,

F = *Freeboard* (mm)

C_b = *Block Coefficient*, tidak boleh kurang dari 0,68

K = nilai sesuai dengan Tabel II.5 (Bab II, Subbab II.1.3)

Karena panjang kapal amfibi *Water School Bus* kurang dari 50 m maka Nilai K yang digunakan adalah $0.8L$ atau 0.8 dari panjang kapal sehingga nilai *freeboard* dapat dihitung sebagai berikut:

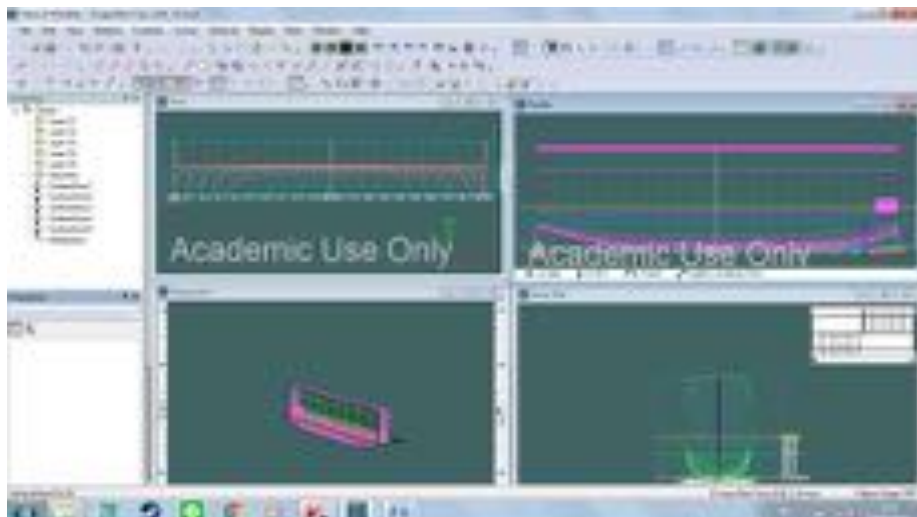
$$F = \frac{10(0,68+0.827).(0.8 \times 14.27)}{1,36} = 126.516 \text{ mm}$$

Maka dari perhitungan di atas didapatkan nilai minimum *freeboard* dari kapal amfibi *Water School Bus* sebesar 125.516 mm.

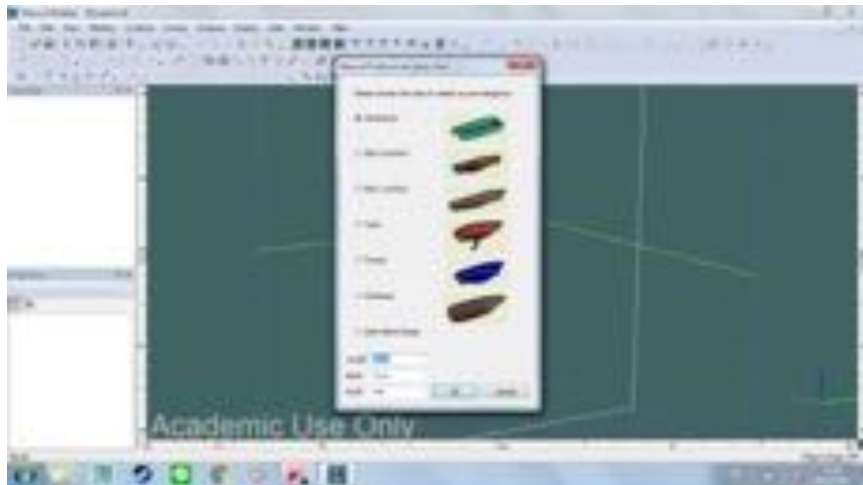
IV.2.8. Desain Rencana Garis

Lines Plan atau Rencana Garis adalah gambar proyeksi badan kapal yang dipotong secara melintang (*body plan*), secara memanjang (*sheer plan*), dan vertikal memanjang (*half breadth plan*). *Lines Plan* berguna untuk mendapatkan desain kapal yang optimum, terutama untuk desain ruang muat. Pada Tugas Akhir ini, *Lines Plan* didesain menggunakan *software maxsurf* dengan langkah-langkah sebagai berikut:

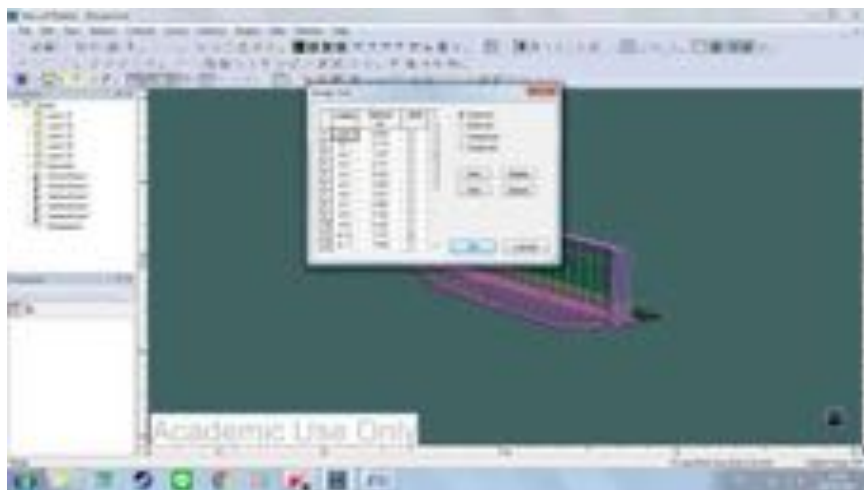
1. Membuka jendela awal *software maxsurf*;



2. Menginput model lambung 3 Dimensi sesuai dengan jenis kapal yang akan dibuat;



3. Menentukan ukuran utama pada *size surface*;
4. Membuka menu *design grid*, lalu membagi *stations*, *buttock lines*, *water lines*, dan *diagonals* pada model;



5. Memindahkan (*export*) model dari *maxsurf* ke *AutoCAD*.



Setelah didapatkan *body plan*, *sheer plan* dan *half-breadth plan*, langkah selanjutnya adalah menggabungkan ketiganya dalam satu file.dwg yang merupakan *output* dari *software AutoCAD*. Dalam proses penggabungan juga dilakukan sedikit *editing* pada Rencana Garis yang telah didapat. *Lines Plan* dari kapal amfibi *Water School Bus* dapat dilihat pada Lampiran D Desain Rencana Garis.

IV.2.9. Desain Rencana Umum

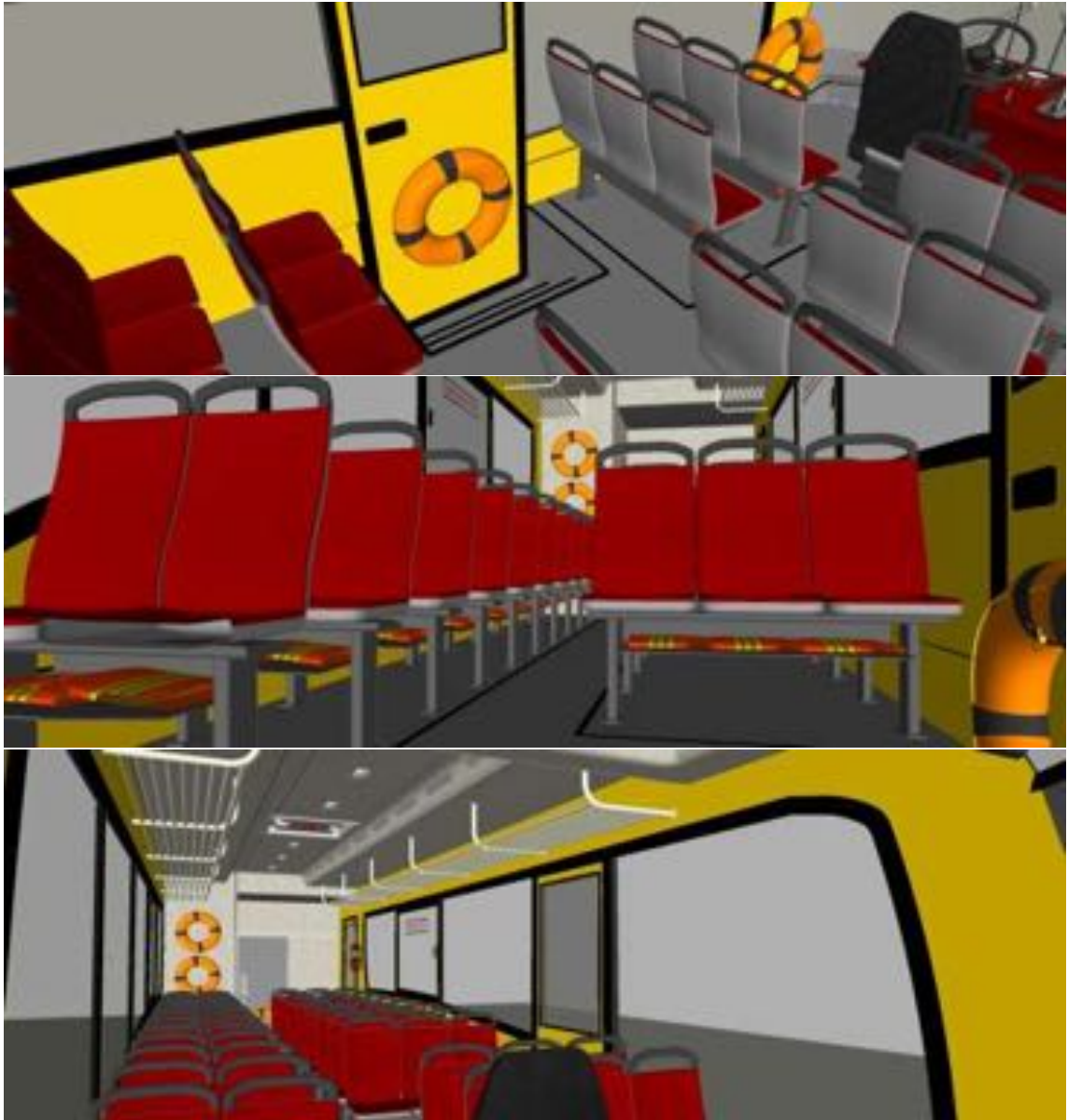
Rencana Umum (*General Arrangement*) dari *Water School Bus* dapat didesain setelah menggambar *Lines Plan*. *General Arrangement* adalah perencanaan ruangan pada kapal, yang disesuaikan dengan fungsi, kebutuhan dan perlengkapan kapal. Desain *General Arrangement* dari kapal amfibi *Water School Bus* dilakukan dengan bantuan *software AutoCAD 2015*. Gambar Rencana Umum dapat dilihat pada Lampiran E Desain Rencana Umum.

IV.2.10. Desain 3 Dimensi

Proses dari desain gambar 3 dimensi dari kapal amfibi *Water School Bus* dilakukan dengan bantuan *software Sketchup*. Bentuk kapal yang dibuat mengacu pada bentuk *Lines Plan* yang telah dibuat sebelumnya. Sedangkan untuk pembangunan rumah geladak beserta isi kapal (*outfitting*) mengacu pada desain *General Arrangement*. Gambar 3 dimensi dari beberapa perspektif dapat dilihat pada Gambar IV.6, Gambar IV.7, Gambar IV.8, dan Gambar IV.9.



Gambar IV. 6 Eksterior Kapal Amfibi *Water School Bus*



Gambar IV. 7 Interior Kapal Amfibi *Water School Bus*



Gambar IV. 8 Toilet pada Kapal



Gambar IV. 9 Eksterior Kapal Bagian Belakang

IV.2.11. Sistem Kecedapan

Sistem kekedapan pada kapal amfibi *Water School Bus* dibutuhkan pada bagian pintu dan jendela kapal. Dikarenakan sarat kapal yang besarnya 1.6 m membuat adanya bagian dari pintu yang tercelup sehingga dibutuhkan *watertight door* atau pintu kedap air untuk mencegah masuknya air ke dalam kapal. Pintu-pintu kedap air pada kapal amfibi *Water School Bus* terbuat dari baja dan sifatnya manual dengan sistem engsel. Pintu dapat dibuka ke arah luar untuk menambah kekuatan menahan air masuk, dan pada bagian pinggir pintu dipasang karet *rubber seal* seperti pintu kedap air pada umumnya untuk menahan adanya air yang masuk. Untuk jendela pada kapal ini menggunakan kaca dengan konstruksi khusus kedap air.

IV.2.12. Biaya Pembangunan

Biaya pembangunan kapal amfibi *Water School Bus* terdiri atas beberapa komponen, yaitu biaya baja kapal, motor penggerak kapal, dan *equipment & outfitting*. Komponen itu disesuaikan dengan jumlah yang dibutuhkan dalam pembangunan kapal lalu semua dijumlahkan untuk mendapat total pembangunan kapal. Biaya yang dibutuhkan untuk setiap komponen dapat dilihat pada tabel-tabel di bawah ini.

Tabel IV. 28 Total Biaya Baja Kapal

No.	Item	Value	Unit
1	Konstruksi Lambung		
	<i>(tebal pelat lambung dianggap = 6 mm, jenis material = baja)</i>		
	<i>Sumber: Krakatau Steel (Persero) Historical Price, per 1 Januari 2015 (http://www.krakatausteel.com/?page=viewnews&action=view&id=1890)</i>		
	Harga	621.00	USD/ton
	Berat hull	15.60	ton
	Harga Lambung Kapal (hull)	9689.96	USD
	Total Harga Baja Kapal	9689.96	USD

Tabel IV. 29 Total Biaya Motor Penggerak Kapal

No.	Item	Value	Unit
1	Mesin Induk		
	<i>Sumber: www.aerohill.com</i>		
	Jumlah	1	unit
	Harga per unit	28000	USD/unit
	Shipping Cost	500	USD
	Harga Mesin Induk	28500	USD
2	Waterjet		
	<i>Sumber: www.alibaba.com</i>		
	Jumlah	1	unit
	Harga per unit	5,000	USD/unit
	Shipping Cost	500	USD
	Harga Waterjet	5,500	
3	Generator		
	<i>Sumber: www.ebay.com</i>		
	Jumlah	4	unit
	Harga per unit	18000	USD/unit
	Shipping Cost	500	USD
	Harga Generator	72500	USD
4	Gearbox		
	<i>Sumber: www.alibaba.com</i>		
	Jumlah	1	unit
	Harga per unit	2,000	USD/unit
	Harga Gearbox	2000	USD
	Total Harga tenaga penggerak	103500	USD

Tabel IV. 30 Total Biaya *Equipment & Outfitting*

No.	Item	Value	Unit
1	Pintu Watertight		
	<i>Sumber: indonesian.alibaba.com</i>		
	Jumlah	2	
	Harga per unit	500.00	USD/unit
	Harga	1,000	USD
2	Kaca Watertight		
	<i>(kaca acrylic t = 6 mm)</i>		
	<i>Sumber: www.alibaba.com/product-detail/FLOAT-Glass-TEMPERED.html</i>		
	Harga	6.1	USD/m ²
	Luas kaca	32.71	m ²
	Harga Kaca acrylic	200	USD
3	Kursi Penumpang		
	<i>Sumber: www.alibaba.com</i>		
	Jumlah	60	unit

	Harga per unit	30	USD
	Harga Kursi	1,800	USD
4	Life Jacket		
	<i>Sumber: www.tokopedia.com</i>		
	Jumlah	60	unit
	Harga per unit	4.42	USD
	Harga Life Jacket	265.20	USD
5	Wastafel		
	<i>Sumber: tokopedia.com</i>		
	Jumlah	1	
	Harga per unit	33.9	USD
	Harga Wastafel	33.90	USD
6	WC Duduk		
	<i>Sumber: tokopedia.com</i>		
	Jumlah	1	
	Harga per unit	57.63	USD
	Harga WC	57.63	USD
7	AC		
	<i>Sumber: www.acmobilindonesia.com</i>		
	Jumlah	1	set
	Harga per set	1,182.4	USD
	Harga AC	1,182.4	USD
8	Lifebuoy		
	<i>Sumber: www.bukalapak.com</i>		
	Jumlah	2	unit
	Harga per set	18.44	USD
	Harga Lifebuoy	36.88	USD
9	Fire Extinguisher		
	<i>Sumber: www.lazada.co.id</i>		
	Jumlah	2	unit
	Harga per set	11.79	USD
	Harga Fire Extinguisher	23.58	USD
10	Ban Bus		
	<i>Sumber: www.alibaba.com</i>		
	Jumlah	6	unit
	Harga per set	150.00	USD
	Harga Fire Extinguisher	900.00	USD
11	Peralatan Navigasi & Komunikasi		
	a. Peralatan Navigasi		
	Radar	2,500	USD
	Kompas	50	USD
	GPS	750	USD
	Lampu Navigasi		
	- Masthead Light	9.4	USD

<i>Simplified Voyage Data Recorder (S-VDR)</i>	17,000	USD
<i>Automatic Identification System (AIS)</i>	4,000	USD
<i>Telescope Binocular</i>	50	USD
Harga Peralatan Navigasi	24,359	
b. Peralatan Komunikasi		
<i>Radiotelephone</i>		
Jumlah	1	Set
Harga per set	167	USD
Harga total	167	USD
<i>Digital Selective Calling (DSC)</i>		
Jumlah	1	Set
Harga per set	182	USD
Harga total	182	USD
<i>Navigational Telex (Navtex)</i>		
Jumlah	1	Set
Harga per set	12,000	USD
Harga total	12,000	USD
<i>EPIRB</i>		
Jumlah	1	Set
Harga per set	100	USD
Harga total	100	USD
<i>SART</i>		
Jumlah	2	Set
Harga per set	400	USD
Harga total	800	USD
<i>SSAS</i>		
Jumlah	1	Set
Harga per set	19,000	USD
Harga total	19,000	USD
<i>Prortable 2-way VHF Radiotelephone</i>		
Jumlah	2	Unit
Harga per unit	80	USD
Harga total	160	USD
Harga Peralatan Komunikasi	32,409	
Total Harga Equipment & Outfitting	62267	USD

Tabel IV. 31 Rekapitulasi Total Biaya Pembangunan Kapal

No.	Item	Value	Unit
1	Baja Kapal	9690	USD
2	Equipment & Outfitting	62267	USD
3	Tenaga Penggerak	103500	USD
Total Harga (USD)		175457	USD
Kurs Rp - USD (per 16 Desember 2017, BI)		13641	Rp/USD
Total Harga (Rupiah)		2,393,414,848.59	Rp

Dari hasil perhitungan biaya pembangunan kapal amfibi *Water School Bus* pada tabel-tabel di atas, didapatkan nilai biaya yang dibutuhkan untuk membangun kapal ini sebesar 13641 USD atau setara dengan Rp 2,393,414,848.59.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan percobaan dan penelitian maka kesimpulan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dari analisis dan optimasi 256 didapatkan ukuran utama kapal sebagai berikut:
 - *Length of perpendicular* (L_{PP}) : 14.27 meter
 - *Breadth* (B) : 2.5 meter
 - *Height* (H) : 4 meter
 - *Draft* (T) : 1.6 meter
 - Kecepatan (Vs) : 8.41 *knots*
2. Desain Rencana Garis dapat dilihat pada Lampiran D, Desain Rencana Umum dapat dilihat pada Lampiran E, dan Desain 3 dimensi pada Sub Bab IV.2.10.
3. Biaya pembangunan kapal amfibi *Water School Bus* sebesar Rp. 2,393,414,848.59.

V.2. Saran

Banyak perhitungan dalam penelitian ini dilakukan dengan formula estimasi atau pendekatan, sehingga untuk menyempurnakan Tugas Akhir desain kapal amfibi *Water School Bus* ini terdapat beberapa saran:

1. Analisis sistem konstruksi yang lebih detail, sehingga didapatkan perhitungan berat yang sesuai dengan beban yang diterima oleh kapal, baik di laut maupun di darat.
2. Alternatif desain lambung kapal yang lebih hidrodinamis namun tidak mengurangi daya tampung yang bisa dibawa oleh kapal ini, dan sebisa mungkin dapat mengurangi kebutuhan pemberat tambahan berupa *water ballast* dengan mengikuti regulasi, baik regulasi kendaraan saat di darat dan air. Alternatif bisa juga dilakukan untuk daerah operasional lain, dengan potensi yang sama atau lebih.
3. Melakukan analisis *engine matching* terhadap mesin induk dan waterjet.
4. Mendesain *gearbox* secara detail untuk transmisi *Water School Bus* saat beroperasi di laut dan darat.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Adiba, N. F. (2016). *Desain Trash Skimmer Amphibi-Boat di Sungai Ciliwung Jakarta*. Surabaya.
- Adji, S. W. (2009). Water Jet Propulsion System.
- Allison Transmission. (2016). Retrieved from The World's Leading Bus Transmission Series: www.allisontransmission.com
- Anggorodhana, Y. (2017). *Desain Monohull Amphibi Semi-Submarine sebagai Sarana Wisata di Pulau Abang, Kepulauan Riau*. Surabaya.
- Badan Pusat Statistik, K. (2017). *Kepulauan Seribu Selatan Dalam Angka*. BPS Kabupaten Kepulauan Seribu.
- Badan Pusat Statistika, K. (2017). *Jakarta Utara Dalam Angka*. Jakarta Utara: Badan Pusat Statistika Kota Administrasi Jakarta Utara.
- Bismania. (n.d.). *BisMania Community*. Retrieved October 14, 2017, from Profil Komunitas BMC: www.bismania.org
- Caterpillar. (2005). Retrieved from Marine Propulsion: www.cat.com
- Dinas Pendidikan Kab. Adm. Kepulauan Seribu. (n.d.). Retrieved Oktober 14, 2017, from Daftar Sekolah: www.kepulauanseribu.siap.web.id
- Evans, J. H. (1959). Basic Design Concept. *Naval Engineers Journal* , 71.
- Hofmann, H., & Lamb, T. (2003). *Ship Design and Construction, Chapter 22* (Vols. I-II). (T. Lamb, Ed.) SNAME.
- Indopos. (2017, Maret 2). Retrieved Oktober 14, 2017, from Tiga Unit Kapal sekolah di Kepulauan Seribu Kembali Beroperasi: www.jakartaraya.indopos.co.id
- International Maritime Organization. (1988). International Convention for the Safety of Life at Sea. London: IMO.
- International Maritime Organization. (2008). Intact Stability (IS) Code. London: IMO.
- Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu. (n.d.). Retrieved Oktober 14, 2017, from Profil Wilayah Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu: www.pulauseribu.jakarta.go.id
- Kohler. (2016). Retrieved from Power Systems: www.kohlerpower.com
- KR. (2010). *Korean Register Rules*. Korean Register.
- Lewis, E. V. (Ed.). (1988). *Principles of Naval Architecture* (Vol. II). Jersey City: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Parsons, M. (2001). Parametric Design. Michigan: University of Michigan.
- Purnomo, T. A. (2016). *Analisa Perancangan Sistem Propulsi Waterjet sebagai Propulsi Alternatif pada Kapal Patroli Cepat 61 M*. Surabaya.
- Singer, D. J., Doerry, C., & Buckley, M. E. (n.d.). What is Set-Based Design?
- Taggart, R. (1980). Ship Design and Construction, Chapter 5 Section 3.
- The Society of Naval Architecture and Marine Engineers. (2003). *Ship Design & Construction* (Vol. 1). (T. Lamb, Ed.)
- Thrustmaster Doen Waterjets. (2014). Retrieved from 100 Series Waterjets: www.thrustmaster.net
- Watson, D. (1998). *Practical Ship Design* (Vol. 1). (R. Bhattacharyya, Ed.) Oxford: Elsevier.
- Yusuf, A. M. (2014). *Metode Penelitian: Kuantitatif, Kualitatif, dan Penelitian Gabungan* (1st Edition ed.). Jakarta, Indonesia: Kencana.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

Lampiran A Data Pendukung

Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis

Lampiran C Katalog *Machinery, Equipment*, dan *Outfitting*

Lampiran D Rencana Garis

Lampiran E Rencana Umum

LAMPIRAN A
DATA PENDUKUNG

1. Data Jumlah Pelajar SMP di Pulau Untung Jawa (2013-2016)

No.	Kecamatan Sub-District Kecamatan District	Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama (SLTP) Junior High School			Sekolah Menengah Umum (SMU) Senior High School		
		Regen			Regen		
		Dist	Private	Total	Dist	Private	Total

2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020

1. Pulau **Pelung** 100 - 100 - - - - -

2. Pulau **Pari** 100 - 100 - - - - -

3. Pulau **Untung Jawa** 100 - 100 - - - - -

Kep. Seribu Selatan 400 - 400 - - - - -

Sumber: Sumber Data (Data Pendidikan dan Kebudayaan, 2013)
Catatan: * Jumlah data dari Laporan Kemendikbud Kabupaten Seribu Selatan, 2014

No.	Kecamatan Sub-District Kecamatan District	Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama (SLTP) Junior High School			Sekolah Menengah Umum (SMU) Senior High School		
		Regen			Regen		
		Dist	Private	Total	Dist	Private	Total

2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020

1. Pulau **Pelung** 100 - 100 - - - - -

2. Pulau **Pari** 100 - 100 - - - - -

3. Pulau **Untung Jawa** 100 - 100 - - - - -

Kep. Seribu Selatan 400 - 400 - - - - -

Sumber: Sumber Data (Data Pendidikan dan Kebudayaan, 2013)
Catatan: * Jumlah data dari Laporan Kemendikbud Kabupaten Seribu Selatan, 2014

No.	Kecamatan Sub-District Kecamatan District	Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama (SLTP) Junior High School			Sekolah Menengah Umum (SMU) Senior High School		
		Regen			Regen		
		Dist	Private	Total	Dist	Private	Total

2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020

1. Pulau **Pelung** 100 - 100 - - - - -

2. Pulau **Pari** 100 - 100 - - - - -

3. Pulau **Untung Jawa** 100 - 100 - - - - -

Kep. Seribu Selatan 400 - 400 - - - - -

Sumber: Sumber Data (Data Pendidikan dan Kebudayaan, 2013)
Catatan: * Jumlah data dari Laporan Kemendikbud Kabupaten Seribu Selatan, 2014

No.	Kecamatan Sub-District Kecamatan District	Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama (SLTP) Junior High School			Sekolah Menengah Umum (SMU) Senior High School		
		Regen			Regen		
		Dist	Private	Total	Dist	Private	Total

2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020

1. Pulau **Pelung** 100 - 100 - - - - -

2. Pulau **Pari** 100 - 100 - - - - -

3. Pulau **Untung Jawa** 100 - 100 - - - - -

Kep. Seribu Selatan 400 - 400 - - - - -


Sumber: Sumber Data (Data Pendidikan dan Kebudayaan, 2013)
Catatan: * Jumlah data dari Laporan Kemendikbud Kabupaten Seribu Selatan, 2014

2. Acuan Ukuran Utama Kapal Amfibi *Water School Bus*



TECHNICAL SPECIFICATIONS

Heavy Duty Amfibus (010)

COMFORT	Kiel Seating Toilet block	WATER DRIVE	Hydraulically driven twin Hamilton waterjets 1800 rpm Jet Power 850 kg	WATER SAFETY	water tight compartments 2 x anchors 50 life jackets 5 emergency exits
CAPACITIES	50 passengers (including driver & mate)	FUEL CAPACITY	300 litres	COLOUR	Ral colours
TECHNICAL SPECIFICATION	Volvo Engine Type DH12E 6 cylinder euro 5 diesel with Adblue system Capacity 12.1 litre Power Output 308 kW Max Torque 2000 Nm @ 1800rpm	VEHICLE DIMENSIONS	length 13.80 metres width 2.55 metres height 3.8 metres wheelbase 6.8 metres empty weight 22000 kg draft when floating 1.8 metres	CERTIFICATION	Class 2 CityBus Dutch Marine Certification for Zone 2 waters
PERFORMANCE	Road speed 60mph Sea speed 6,5 knots	OPTIONS	Airco system	BUILDER	J. de Jong Scheepsservice Nijmegen, The Netherlands
PROPULSION	Rear wheel drive Air Suspension Automatic limited slip differential	ROAD SAFETY	Electric fly drive Body cage roll over tested ABS braking system EPS	 DutchAmfibiousTransport	

Copyright 2010 ©

DAT BV Nijverheidsweg 60-62 6541CM Nijmegen The Netherlands T +31 (0) 24 355 1250 www.datbv.com

3. Peraturan Pemerintah Mengenai Ukuran Bus di Jalan Raya



PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA

- 7 -

- f. Mobil Bus tempel yang dirancang dengan:
1. JBKB paling sedikit 22.000 (dua puluh dua ribu) kilogram sampai dengan 26.000 (dua puluh enam ribu) kilogram;
 2. ukuran panjang keseluruhan lebih dari 13.500 (tiga belas ribu lima ratus) milimeter sampai dengan 18.000 (delapan belas ribu) milimeter; dan
 3. ukuran lebar keseluruhan tidak melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter dan tinggi Kendaraan tidak lebih dari 4.200 (empat ribu dua ratus) milimeter dan tidak lebih dari 1,7 (satu koma tujuh) kali lebar Kendaraannya;
- g. Mobil Bus tingkat yang dirancang dengan:
1. JBB paling sedikit 21.000 (dua puluh satu ribu) kilogram sampai dengan 24.000 (dua puluh empat ribu) kilogram;
 2. ukuran panjang keseluruhan paling sedikit 9.000 (sembilan ribu) milimeter sampai dengan 13.500 (tiga belas ribu lima ratus) milimeter;
 3. ukuran lebar keseluruhan tidak melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter; dan
 4. ukuran tinggi Mobil Bus tingkat tidak lebih dari 4.200 (empat ribu dua ratus) milimeter.
- [4] Kendaraan Bermotor jenis Mobil Barang sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 ayat (1) huruf d meliputi:
- a. mobil bak muatan terbuka;
 - b. mobil bak muatan tertutup;
 - c. mobil tangki; dan
 - d. mobil penarik.
- [5] Kendaraan Bermotor jenis Kendaraan khusus sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 ayat (1) huruf e meliputi Kendaraan yang dirancang bangun untuk fungsi tertentu.
- [6] Fungsi tertentu sebagaimana dimaksud pada ayat (5) meliputi:
- a. militer;
 - b. ketertiban dan keamanan masyarakat;
 - c. alat produksi; dan
 - d. mobilitas penyandang cacat.

BAB III . . .

LAMPIRAN B
PERHITUNGAN ANALISIS TEKNIS

2. Perhitungan Power dan Propulsi

Input Data:

R_t	=	19.021 kN	V_{max}	=	8.41 knot
ρ	=	1025 kg/m ³		=	4.33 m/s
g	=	1.025 ton/m ³	V_{start}	=	0 knot
V_{min}	=	0 knot		=	0 m/s
	=	0 m/s	g	=	9.81 m/s ²

Calculation:

1. Perhitungan Daya Efektif Kapal (EHP)

$$EHP = R_t \times V_s$$

$$= 82.297 \quad \text{HP}$$

2. Perhitungan Gaya Dorong (Thrust)

$$T_{max} = \frac{R_t}{(1-t)}$$

$$= 19.021 \quad \text{kN}$$

$$T_{min} = 19.021 \quad \text{kN}$$

$$= 19020.529 \quad \text{N}$$

$$= 1000.249 \quad \text{Da}$$

$t = 0$
= Blount, 1997; Untuk *high-speed craft* yang menggunakan sistem propulsi waterjet

$t = -0.05 - 0$; diambil 0

3. Perhitungan DHP Awal dengan OPC Perencanaan

$$DHP = (T/t) \times (V_s/OPC)$$

$$= 164.993 \quad \text{kW}$$

$$= 220.723 \quad \text{HP}$$

$x = 1$
= buah waterjet

$OPC = 0.5$
= OPC Waterjet Perencanaan Awal

Daya total 1 engine, 1 waterjet =

$$DHP_1 = DHP \times 1$$

$$= 164.993 \quad \text{kW}$$

$$= 220.723 \quad \text{HP}$$

4. Penentuan Diameter Inlet Pompa Waterjet

Menggunakan diameter inlet dari pemilihan waterjet dengan nilai DHP yang didapat. Waterjet yang dipilih merupakan waterjet Castoldi Jet 05 dengan input power sebesar 175 kW

Dikur Katalog waterjet

$$D_i = \text{Diameter inlet Castoldi Jet 05}$$

$$= 200 \quad \text{mm}$$

$$= 0.2 \quad \text{m}$$

Perhitungan Rasio Luasan Nozzle

$$A_i = \pi / 4 \times D_i^2$$

$$= 0.0314 \quad \text{m}^2$$

$$A_n = AR \times A_i$$

$$= 0.00768 \quad \text{m}^2$$

$AR = 0.12 \quad \text{m}^2$
= Perencanaan awal (asumsi)

Luasan Nozzle

$$D_n = \sqrt{AR \times D_i}$$

$$= 0.0693$$

5. Perhitungan Kecepatan Inlet Nozzle (V_i)

$$V_i = (1-w) \times V_s$$

$$= 4.110 \quad \text{m/s}$$

$w = 0.05$
; Fraksi area inlet menurut ITTC 1996

6. Perhitungan Kecepatan Outlet Nozzle (V_o)

$$V_o = 0.5 \times (V_i + (v/V_i) + 4 \times E_p \times A_n)$$

$$= 18.905 \quad \text{m/s}$$

$$FVR = V_o/V_i$$

$$= 4.569$$

Kapasitas aliran yang melewati Nozzle (Q_n)

$$Q_n = A_n \times V_o$$

$$= 0.0712 \quad \text{m}^3/\text{s}$$

7. Perhitungan Laju Aliran Massa (m)

$$m = \rho \times Q_n$$

$$= 71.606 \quad \text{kg/s}$$

Perbandingan kecepatan kapal dan kecepatan aliran yang melewati jet

$$m = V_s/V_o$$

$$= 0.229$$

8. Perhitungan Efisiensi Jet Ideal dan Jet Aktual

$$\begin{aligned}\eta_{\text{ideal}} &= \frac{2\mu}{1+\mu} \\ &= 0.3725 \\ \eta_{\text{aktual}} &= \frac{1-x}{1-w} \cdot \frac{2\mu(1-\mu)}{(1+y) \cdot (1-\zeta)\mu^2 + (2gh/V_j^2)} \\ &= 0.311\end{aligned}$$

Keterangan

w = Fraksi arus ikut	h_j = Perubahan elevasi antara <i>inlet</i> dan <i>outlet</i>
= 0.05	= 1
y = Koefisien kerugian inlet	x = Koefisien kerugian pada nozzle
= 16% - 20% ; diambil 18%	= 0.2
= 0.18	

Perencanaan sistem propulsi *waterjet* disarankan harga koefisien kerugian inlet (y) antara 16% - 20%. Dalam perhitungan ini diambil 18% karena sistem *waterjet* ini menggunakan sistem pemasukan jenis *flap inlet* dan kapal beroperasi di daerah perairan yang bersih dari sampah dan kotoran lainnya. Sedangkan harga koefisien kerugian pada nozzle (x) disarankan antara 1% - 4%.

Dalam perhitungan untuk efisiensi jet aktual diambil harga 2% karena kerugian nozzle relatif lebih kecil dibandingkan pada saluran inletnya.

9. Perhitungan Overall Propulsive Coefficient (OPC)

$$\begin{aligned}\text{OPC} &= h_{\text{inlet}} \times h_y \times h_w \times h_j (1-x) & h_{\text{inlet}} &= 0.237 \\ &= 0.2931 & h_y &= 0.98 ; \text{assumsi} \\ & & h_w &= 0.98 ; \text{PNA Vol. II Page 163} \\ & & h_j &= 0.98 ; \text{Parametric Design Page 11-33}\end{aligned}$$

10. Perhitungan Power Engine pada Kecepatan Maksimal

a. Perhitungan DHP

$$\begin{aligned}\text{DHP} &= (T/x) \times (V_s \times \text{OPC}) \\ &= 280.754 \quad \text{kW} \\ &= 376.496 \quad \text{HP}\end{aligned}$$

b. Perhitungan SHP

Untuk kapal dengan kamar mesin terletak pada bagian belakang kapal akan mengalami *losses* sebesar 2%, sedangkan kapal dengan kamar mesin terletak pada bagian *midship* kapal mengalami *losses* sebesar 3% (*Principle of Naval Architecture, Vol. II Page 131*)

Pada perencanaan ini, letak kamar mesin berada di bagian belakang kapal.

$$\begin{aligned}\text{SHP} &= \text{DHP} \cdot h_{bb} & h_{bb} &= \text{Losses letak kamar mesin} \\ &= 364.180 \quad \text{HP} & &= 0.98 \\ & & & ; \text{Parametric Design, Page 11-31}\end{aligned}$$

c. Perhitungan BHPscr

Untuk menghindari terjadinya kavitasi pada *impeller* pompa sistem *waterjet* akibat putaran dari pemilihan *Main Engine*, maka digunakan *gearbox* yang berfungsi untuk mengurangi kecepatan putar tetapi terjadi *losses* akibat *gearbox*.

$$\begin{aligned}\text{BHPscr} &= \text{SHP} / h_g & h_g &= \text{Losses akibat gearbox} \\ &= 392.020 \quad \text{HP} & &= 0.98\end{aligned}$$

d. Perhitungan BHPmer

Merupakan daya yang keluar pada kondisi maksimum dari motor induk, dimana besarnya antara 10% - 20% atau menggunakan *engine margin* sebesar 15%.

Daya BHPscr diambil 85% untuk efisiensi.

$$\begin{aligned}\text{BHPmer} &= 461.2 \text{ HP} \\ &= 343.9 \text{ kW}\end{aligned}$$

3. Partitangan Kestribel

[illegible]

Perhitungan Modulus Gading Besar

Perhitungan Gading Block I dan III

Perancangan profil (BKI 2009 bab 3)

$$U_x = 6.25$$

$$\alpha_{m1} = 0.99 \quad (\text{interpolasi})$$

$$\alpha_{m1x} = 0.495 \quad \text{m} \quad (\text{lebar efektif})$$

	ukuran	jumlah
face	55	4
web	60	4
pengekat	495	6

	A (cm ²)	d	A · d	A · d ²	bh ³ /12
face	2.2	6.8	14.96	101.728	0.029333
web	2.4	3.6	8.64	31.104	7.2
pengekat	29.7	0.3	8.91	2.673	0.891
	34.3		32.51	135.505	8.120333

$$Z1 = \sum A \cdot d / A = 0.948 \quad \text{cm}$$

$$Z2 = \sum b \cdot Z1 = 6.852 \quad \text{cm}$$

$$I_{xx} = \sum A \cdot d^2 + \sum b \cdot h^3 / 12$$

$$= 144 \quad \text{cm}^4$$

$$I_{NA} = I_{xx} - Z1^2 \cdot \sum A$$

$$= 113 \quad \text{cm}^4$$

$$W_{desain} = I_{NA} / Z1$$

$$= 119.02 \quad \text{cm}^3$$

$$W_{desain} = I_{NA} / Z2$$

$$= 18.64 \quad \text{cm}^3$$

$$W = 18.640 \quad \text{cm}^3$$

$$\text{Dibutuhkan} = 18.213$$

$$T 60x55x4$$

$$A_{web} = 2.4 \quad \text{cm}^2$$

Perhitungan Gading Block II

Perancangan profil (BKI 2009 bab 3)

$$U_x = 5.00$$

$$\alpha_{m1} = 0.96 \quad (\text{interpolasi})$$

$$\alpha_{m1x} = 0.48 \quad \text{m} \quad (\text{lebar efektif})$$

	ukuran	jumlah
face	60	4
web	70	4
pengekat	480	6

	A (cm ²)	d	A · d	A · d ²	bh ³ /12
face	2.4	7.8	18.72	146.016	0.032
web	2.8	4.1	11.48	47.068	11.43333
pengekat	28.8	0.3	8.64	2.592	0.864
	34		38.84	195.676	12.32933

$$Z1 = \sum A \cdot d / A = 1.142 \quad \text{cm}$$

$$Z2 = \sum b \cdot Z1 = 6.858 \quad \text{cm}$$

$$I_{xx} = \sum A \cdot d^2 + \sum b \cdot h^3 / 12$$

$$= 208 \quad \text{cm}^4$$

$$I_{NA} = I_{xx} - Z1^2 \cdot \sum A$$

$$= 164 \quad \text{cm}^4$$

$$W_{desain} = I_{NA} / Z1$$

$$= 143.24 \quad \text{cm}^3$$

$$W_{desain} = I_{NA} / Z2$$

$$= 23.86 \quad \text{cm}^3$$

$$W = 23.862 \quad \text{cm}^3$$

$$\text{Dibutuhkan} = 22.76$$

$$T 70x60x4$$

$$A_{web} = 2.8 \quad \text{cm}^2$$

Perhitungan Berat Block 1

Block 1								Midship = 115		Rear Deck = 4				11	
ITEM	Aspek	Posisi (m) (1.000 m)	Posisi Aktual (mm)					Volume (m3)	Beas (Ton)	LCG (m)	VCG (m)	Momen LCG (ton.m)	Momen VCG (ton.m)		
Lambung															
Polar Sisi	2	10.994	0					0.112	1.036	-3.1550	2.0000	-0.518	2.072		
Polar Sisi	1	10	0					0.000	0.471	-3.8000	2.0000	-1.794	0.942		
Pilar Belukang	1	10	0					0.000	0.471	-3.1550	2.0000	-1.594	0.942		
Pilar Sisi Wateright	1	2.8	0					0.000575	0.130	-5.522	0.5525	-0.718	0.075		
Gading Bantu (1)	1	4	1.000000	00	0	35	0	0.004	0.029	-3.1550	2.0000	-0.506	0.058		
Gading Bantu (2)	2	4	1.000000	00	0	40	0	0.005	0.038	-4.7520	2.0000	-0.714	0.075		
Gading Bantu (3)	3	4	1.000000	00	0	40	0	0.005	0.038	-4.7520	2.0000	-0.714	0.075		
Gading Bantu (4)	2	4	1.000000	00	0	40	0	0.005	0.038	-3.9020	2.0000	-0.726	0.075		
Gading Bantu (5)	2	4	1.000000	00	0	40	0	0.005	0.038	-3.9020	2.0000	-0.726	0.075		
Gading Bantu (6)	2	4	1.000000	00	0	40	0	0.005	0.038	-3.9020	2.0000	-0.726	0.075		
Gading Bantu (7)	2	4	1.000000	00	0	40	0	0.005	0.038	-4.7520	2.0000	-0.714	0.075		
Gading Bantu (8)	2	4	1.000000	00	0	40	0	0.005	0.038	-4.7520	2.0000	-0.714	0.075		
Gading Bantu (9)	2	4	1.000000	00	0	40	0	0.005	0.038	-3.9020	2.0000	-0.726	0.075		
Gading Bantu (10)	2	4	1.000000	00	0	40	0	0.005	0.038	-3.9020	2.0000	-0.726	0.075		
Gading Bantu (11)	2	4	1.000000	00	0	40	0	0.004	0.029	-3.1550	2.0000	-0.506	0.058		
Superstructure															
Polar Superstructure	1	0.521	0					0.070	0.342	-3.1550	3.9970	-2.013	1.367		
Strong Room (1)	1	2.5	1.000000	00	0	35	0	0.00115	0.008	-3.131	3.9980	-2.338	0.042		
Deck Room (1)	1	2.5	1.000000	00	0	40	0	0.00150	0.012	-4.732	3.9970	-0.879	0.047		
Deck Room (2)	1	2.5	1.000000	00	0	40	0	0.00150	0.012	-4.732	3.9970	-0.875	0.047		
Deck Room (3)	1	2.5	1.000000	00	0	40	0	0.00150	0.012	-3.932	3.9970	-0.879	0.047		
Deck Room (4)	1	2.5	1.000000	00	0	40	0	0.00150	0.012	-3.932	3.9970	-0.885	0.047		
Strong Room (5)	1	2.5	1.000000	00	0	35	0	0.00115	0.008	-3.131	3.9980	-2.338	0.042		
Deck Room (6)	1	2.5	1.000000	00	0	40	0	0.00150	0.012	-4.732	3.9970	-0.876	0.047		
Deck Room (7)	1	2.5	1.000000	00	0	40	0	0.00150	0.012	-4.732	3.9970	-0.881	0.047		
Deck Room (8)	1	2.5	1.000000	00	0	40	0	0.00150	0.012	-3.932	3.9970	-0.886	0.047		
Deck Room (9)	1	2.5	1.000000	00	0	40	0	0.00150	0.012	-3.932	3.9970	-0.882	0.047		
Strong Room (10)	1	2.5	1.000000	00	0	35	0	0.00115	0.008	-3.131	3.9980	-2.338	0.042		
Deck Gorden	1	3.3	1.000000	00	0	40	0	0.00280	0.024	-3.1550	3.9970	-0.881	0.063		
Main Deck															
Polar Main Deck	1	10.0	0					0.060	0.471	-3.1550	0.9970	-2.418	0.470		
Bottom															
Center Gorden	1	0.020	0					0.00016	0.001	-3.131	0.994	-0.006	0.000		
Engine Gorden	1	0.020	0					0.00016	0.001	-3.131	0.994	-0.006	0.000		
Pilar Trans	1	0.521	0					0.00000	0.015	-3.131	0.994	-2.005	0.000		
Pilar Ais	1	0.521	0					0.00000	0.015	-3.131	0.994	-2.011	0.011		
Mk. Low Beam 3%		0.08						2.121							
Volume Total = 6.562 m ³ g Total = 7.85 Ton/m ³															
Beas = 4.41 Ton LCG = 4.519 m dari midship															
Low Beam 3% Beas Total = 0.006 Ton VCG = 2.120 m dari base line															

Perhitungan Berat Block II

Block II			Midship - 7.135				Forepeak Block - 4			m		
ITEM	Jumlah	Panjang (m) (Luar dan)	Profil (tebal (mm))				Volume (m3)	Berat (Ton)	LCG (m)	YCG (m)	Momen LCG (ton.m)	Momen YCG (ton.m)
Lambung												
Plat Sisi	2	21.807	6				0.262	2.034	-0.1338	2.0000	-0.217	4.166
Gording Bujur (13)	2	4	L 75x50x5	75	5	50	0.005	0.039	-2.6338	2.0000	-0.105	0.079
Gording Bujur (13)	2	4	L 75x50x5	75	5	50	0.005	0.039	-2.3338	2.0000	-0.084	0.079
Gording Bujur (13)	2	4	L 75x50x5	75	5	50	0.005	0.039	-1.8338	2.0000	-0.064	0.079
Gording Bujur (14)	2	4	L 75x50x5	75	5	50	0.005	0.039	-1.3338	2.0000	-0.044	0.079
Gording Bujur (15)	2	4	T 70x60x4	70	4	60	0.003	0.022	-1.3338	2.0000	-0.024	0.043
Gording Bujur (16)	2	4	L 75x50x5	75	5	50	0.005	0.039	-0.8338	2.0000	-0.005	0.079
Gording Bujur (17)	2	6	L 75x50x5	75	5	50	0.005	0.039	0.3676	2.0000	0.014	0.079
Gording Bujur (18)	2	4	L 75x50x5	75	5	50	0.005	0.039	0.8676	2.0000	0.034	0.079
Gording Bujur (19)	2	4	L 75x50x5	75	5	50	0.005	0.039	1.3676	2.0000	0.054	0.079
Gording Bujur (20)	2	4	T 70x60x4	70	4	60	0.003	0.022	0.8676	2.0000	0.014	0.043
Gording Bujur (21)	2	4	L 75x50x5	75	5	50	0.005	0.039	1.3676	2.0000	0.054	0.079
Gording Bujur (22)	2	4	L 75x50x5	75	5	50	0.005	0.039	1.8676	2.0000	0.074	0.079
Superstructure												
Plat Geladak	1	13	6				0.090	0.707	-0.1338	3.9978	-0.095	2.824
Deck Beam (11)	1	2.3	L 75x50x5	75	5	50	0.00156	0.012	-2.6338	3.9975	-0.032	0.046
Deck Beam (12)	1	2.3	L 75x50x5	75	5	50	0.00156	0.012	-2.3338	3.9975	-0.026	0.046
Deck Beam (13)	1	2.3	L 75x50x5	75	5	50	0.00156	0.012	-1.8338	3.9975	-0.020	0.046
Deck Beam (14)	1	2.3	L 75x50x5	75	5	50	0.00156	0.012	-1.3338	3.9975	-0.014	0.046
Strong Beam (15)	1	2.3	T 70x60x4	70	4	60	0.001	0.007	-1.3338	3.9980	-0.006	0.027
Deck Beam (16)	1	2.3	L 75x50x5	75	5	50	0.00156	0.012	-0.8338	3.9975	-0.002	0.046
Deck Beam (17)	1	2.3	L 75x50x5	75	5	50	0.00156	0.012	0.3676	3.9975	0.003	0.046
Deck Beam (18)	1	2.3	L 75x50x5	75	5	50	0.00156	0.012	0.8676	3.9975	0.013	0.046
Deck Beam (19)	1	2.3	L 75x50x5	75	5	50	0.00156	0.012	1.3676	3.9975	0.017	0.046
Strong Beam (20)	1	2.3	T 70x60x4	70	4	60	0.001	0.007	0.8676	3.9980	0.006	0.027
Deck Beam (21)	1	2.3	L 75x50x5	75	5	50	0.00156	0.012	1.3676	3.9975	0.017	0.046
Deck Beam (22)	1	2.3	L 75x50x5	75	5	50	0.00156	0.012	1.8676	3.9975	0.023	0.046
Deck Girder	1	6.0	L 75x50x5	75	5	50	0.00775	0.029	-0.8038	3.9975	-0.024	0.118
Main Deck												
Plat Main Deck	1	15.0	6				0.090	0.71	-0.1338	0.9978	-0.095	0.704
Bottom												
Center Girder	1	0.036	8				0.00079	0.002	0.135	0.000	0.000	0.000
Plat Lunas	1	15.000	6				0.126	0.942	-0.135	0.000	-0.127	0.004
Plat Klas	1	15.000	6				0.090	0.707	0.135	0.000	0.095	0.002
Sh. Lun-gross 3%		0.08					2.721					
Volume Total =		0.73	m ³	p.baja =		7.85	ton/m ³					
Berat =		6.72	Ton	LCG =		-0.139	m	dari midship				
Lun-gross 3% =		0.17		YCG =		1.56	m	dari baseline				
Berat Total =		6.89	Ton									

Perhitungan Berat Block III

Block III								Midship = 7.115		Parings Block= 4.27		m	
ITEM	Jumlah	Panjang (m) / Lebar (m ²)	Profil Arah (mm)					Volume (m3)	Berat (Ton)	LCG (m)	YCG (m)	Momen LCG (ton.m)	Momen YCG (ton.m)
Lambung													
Plat Sisi	1	10.000	6					0.303	1.590	4.6700	1.0000	7.476	1.100
Plat Depan	1	10	6					0.06	0.671	7.1120	1.0000	1.109	0.642
Coding Beam (23)	2	4	L 60x40x6	60	6	40	6	0.005	0.036	2.2470	2.0000	0.005	0.075
Coding Beam (24)	2	4	L 60x40x6	60	6	40	6	0.005	0.036	2.6470	2.0000	0.100	0.075
Coding Beam (25)	1	4	L 60x55x4	60	4	55	4	0.004	0.029	2.9470	2.0000	0.003	0.056
Coding Beam (26)	2	4	L 60x40x6	60	6	40	6	0.005	0.036	3.4470	2.0000	0.131	0.075
Coding Beam (27)	2	4	L 60x40x6	60	6	40	6	0.005	0.036	3.9470	2.0000	0.166	0.075
Coding Beam (28)	2	4	L 60x40x6	60	6	40	6	0.005	0.036	4.2470	2.0000	0.181	0.075
Coding Beam (29)	1	4	L 60x40x6	60	6	40	6	0.005	0.036	4.6470	2.0000	0.176	0.075
Coding Beam (30)	2	6	L 60x55x4	60	4	55	4	0.004	0.029	4.9470	2.0000	0.141	0.056
Coding Beam (31)	2	6	L 60x40x6	60	6	40	6	0.005	0.036	5.4470	2.0000	0.206	0.075
Coding Beam (32)	2	6	L 60x40x6	60	6	40	6	0.005	0.036	5.9470	2.0000	0.221	0.075
Superstructure													
Plat Geladak	1	12.375	6					0.074	0.583	4.6700	3.9970	2.722	2.330
Deck Beam (23)	1	2.5	L 60x40x6	60	6	40	6	0.00150	0.012	7.1120	3.9970	0.064	0.043
Deck Beam (24)	1	2.5	L 60x40x6	60	6	40	6	0.00150	0.012	2.2470	3.9970	0.027	0.043
Strong Beam (25)	1	2.5	L 60x55x4	60	4	55	4	0.001	0.009	2.6470	3.9980	0.034	0.036
Deck Beam (26)	1	2.5	L 60x40x6	60	6	40	6	0.00150	0.011	3.9470	3.9970	0.034	0.043
Deck Beam (27)	1	2.5	L 60x40x6	60	6	40	6	0.00150	0.011	3.4470	3.9970	0.041	0.043
Deck Beam (28)	1	2.5	L 60x40x6	60	6	40	6	0.00150	0.011	3.9470	3.9970	0.046	0.043
Deck Beam (29)	1	2.5	L 60x40x6	60	6	40	6	0.00150	0.011	4.2470	3.9970	0.090	0.043
Strong Beam (30)	1	2.5	L 60x55x4	60	4	55	4	0.001	0.012	4.9470	3.9980	0.103	0.036
Deck Beam (31)	1	2.5	L 60x40x6	60	6	40	6	0.00150	0.012	4.9470	3.9970	0.097	0.043
Deck Beam (32)	1	2.5	L 60x40x6	60	6	40	6	0.00150	0.012	5.4470	3.9970	0.064	0.043
Deck Girdar	1	5	L 60x40x6	60	6	40	6	0.00297	0.023	5.9470	3.9970	0.177	0.093
Main Deck													
Plat Main Deck	1	10.7	6					0.064	0.50	4.6700	6.9970	2.348	0.500
Bottom													
Centre Girdar	1	0.050	6					0.00026	0.002	4.670	0.004	0.006	0.0000075
Plat Lantai	1	12.375	6					0.09900	0.717	4.670	0.004	3.629	0.0010
Plat Alas	1	12.375	6					0.07425	0.583	4.670	0.003	2.722	0.0017
Nb. Lay-out 1 %								0.150					
Volume Total =		8.64	m ³	p.baja =		7.89	ton/m ³						
Berat =		5.62	Ton	LCG =		4.709	meter	dari midship					
Berat Total =		5.17	Ton	YCG =		1.681	meter	dari baseline					
Lendutan 1% =		0.150											

4. Berat dan Titik Berat *Lightweight* (LWT)

Titik berat Mesin Penggerak				
Spesifikasi Mesin Induk				
Berat =	946	kg	0.946	ton
H =	1176	mm	1.176	m
L =	1556	mm	1.556	m
VCG from Base Line =	1.588	m		
LCG from Midship =	-4.142	m		
Spesifikasi Gearbox				
Berat =	243	kg	0.243	ton
H =	508	mm	0.508	m
L =	736.6	mm	0.7366	m
VCG from Base Line =	1.254	m		
LCG from Midship =	-5.017	m		
Spesifikasi Genset				
Berat =	462	kg	0.462	ton
H =	711	mm	0.711	m
L =	1197	mm	1.197	m
VCG from Base Line =	1.3555	m	Jumlah =	4
LCG from Midship =	-6.256	m	, untuk Generator 1 & 2	
LCG from Midship =	-4.106	m	, untuk Generator 3 & 4	
Spesifikasi Waterjet				
Berat =	225	kg	0.225	ton
H =	620	mm	0.62	m
L =	1720	mm	1.72	m
VCG from Base Line =	1.31	m		
LCG from Midship =	-6.479	m		
Titik berat outfitting				
Kursi				VCG = 1/2 H
Berat =	2.5	kg	0.0025	ton
H =	835	mm	0.835	m
L =	435	mm	0.435	m
B =	350	mm	0.35	m
No.	jumlah kursi	LCG from Midship	VCG from Base line	
Baris 1	5	5.517	1.4175	
Baris 2	5	4.917	1.4175	
Baris 3	2	4.317	1.4175	
Baris 4	2	3.779	1.4175	
Baris 5	5	3.226	1.4175	
Baris 6	5	2.626	1.4175	
Baris 7	5	2.026	1.4175	
Baris 8	5	1.426	1.4175	
Baris 9	5	0.826	1.4175	
Baris 10	5	0.226	1.4175	
Baris 11	5	-0.374	1.4175	
Baris 12	5	-0.974	1.4175	
Baris 13	5	-1.580	1.4175	
Kursi Sopir	1	6.328	1.4175	
Wastafel				
Berat =	10	kg	0.01	ton
H =	75	cm	0.75	m
L =	54	cm	0.54	m
B =	49	cm	0.49	m
VCG from Base Line =	1.375			
LCG from Midship =	-2.097			

WT. dead					
Boat =	16	kg	0.016	ton	
H =	72	cm	0.72	m	
L =	40	cm	0.4	m	
B =	60	cm	0.6	m	
VCG from Base Line =	1.36				
LCG from Midship =	-2.325				
Meja Navigasi					
Alas					
B =	0.5	m			
L =	0.45	m			
t =	0.05	m			
Volume Alas =	0.01125	m ³			
Kaki					
H =	70	cm	0.70	m	
t =	1	cm	0.01	m	
Volume kaki =	0.00022	m ³			
	0.00088	m ³			
Massa Jenis Aluminium =		2700	kg/m ³		
Boat Total =	3.987E+01	kg	0.0399	ton	
VCG from Base Line =	1.35	m			
LCG from Midship =	6.764	m			
Ran. Bus					
Boat =	52	kg	0.052	ton	
H =	1.056	m			
t =	0.108	m			
Ran 1					
VCG from Base Line =	0	m			
LCG from Midship =	5.178	m			
Ran 2					
VCG from Base Line =	0	m			
LCG from Midship =	5.178	m			
Ran 3					
VCG from Base Line =	0	m			
LCG from Midship =	-5.136	m			
Ran 4					
VCG from Base Line =	0	m			
LCG from Midship =	-5.136	m			
Ran 5					
VCG from Base Line =	0	m			
LCG from Midship =	-5.136	m			
Ran 6					
VCG from Base Line =	0	m			
LCG from Midship =	-5.136	m			
FWT					
Boat =	0.84	ton			
VCG from Base Line =	0.425	m			
LCG from Midship =	-2.388	m			
Sewage Tank					
Boat =	0.63	ton			
VCG from Base Line =	0.425	m			
LCG from Midship =	-6.838	m			
Fuel Oil Tank					
Boat =	1.091	ton			
VCG from Base Line =	0.425	m			
LCG from Midship =	-3.607	m			

5. Perencanaan Tangki Consumable

Fuel Oil Tank			
M. Angko	→	P. Utung Jawa	≈ 2 kali pelayaran
	←		
Durasi Pelayaran ≈	75	menit	
≈	1.25	jam	
Massa jenis bahan bakar ≈	800	kg/m ³	lapal menggunakan bahan bakar solar
Pengisian bahan bakar dilakukan setiap 8 kali pelayaran			
Jumlah Pelayaran ≈	8		
1. Kebutuhan Bahan Bakar Mesin Induk			
Fuel Consumption ≈	98.3	liter/jam	
Kebutuhan Bahan Bakar ≈	Fuel Consumption x Durasi pelayaran (jam) x Jumlah Pelayaran		
≈	983	liter	
≈	983	dm ³	
≈	0.983	m ³	
≈	825.72	kg	
≈	0.826	ton	
2. Kebutuhan Bahan Bakar Mesin Bantu			
Fuel Consumption ≈	6.7	liter/jam	
Kebutuhan Bahan Bakar ≈	Fuel Consumption x Durasi pelayaran (jam) x Jumlah Pelayaran		
≈	67	liter	
≈	67	dm ³	
≈	0.067	m ³	
≈	56.28	kg	
≈	0.056	ton	
Karena terdapat 4 unit mesin bantu, maka kebutuhan bahan bakarnya dikali 4			
≈	Kebutuhan Bahan Bakar Mesin Bantu x 4		
≈	0.225	ton	
Kebutuhan Total Bahan Bakar ≈	1.051	ton	
≈	1.251	m ³	

Fresh Water Tank		
Total Penumpang	≈	60 orang
Total pengguna toilet	≈	60 orang
Konsumsi FW	≈	2 liter/orang
Total Konsumsi FW per hari	≈	120 liter/hari
	≈	120.000 dm ³
	≈	0.12 m ³
Total Konsumsi FW per minggu	≈	840 liter/7 hari
	≈	0.84 m ³
Volume Total Tangki	≈	0.840 m ³
Berat Total	≈	0.840 ton

Sewage Tank		
Total penumpang	≈	60 orang
Total pengguna toilet	≈	60 orang
Pembuangan sewage	≈	1.5 liter/orang
Total pembuangan per hari	≈	90 liter/hari
	≈	90.000 dm ³
	≈	0.09 m ³
Total pembuangan per minggu	≈	630 liter/7 hari
	≈	0.63 m ³
Volume Total Tangki	≈	0.630 m ³
Berat Total	≈	0.630 ton

6. Penerimaan Stabilitas

Kendall T.A. Persempang 100%, Tinggi 100%

[illegible]

Kondisi 3A: Pemampangan 50%, Tangki 100%

Item	Kuantitas	Baris Awal	Baris Akhir (Baris)	MSD (Baris Awal-Baris Akhir)	MSD (Baris Awal-Baris Akhir)	MSD (Baris Awal-Baris Akhir)	MSD (Baris Awal-Baris Akhir)	MSD (Baris Awal-Baris Akhir)	MSD (Baris Awal-Baris Akhir)
Baris 1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Baris 2	1	2	2	0	0	0	0	0	0
Baris 3	1	3	3	0	0	0	0	0	0
Baris 4	1	4	4	0	0	0	0	0	0
Baris 5	1	5	5	0	0	0	0	0	0
Baris 6	1	6	6	0	0	0	0	0	0
Baris 7	1	7	7	0	0	0	0	0	0
Baris 8	1	8	8	0	0	0	0	0	0
Baris 9	1	9	9	0	0	0	0	0	0
Baris 10	1	10	10	0	0	0	0	0	0
Baris 11	1	11	11	0	0	0	0	0	0
Baris 12	1	12	12	0	0	0	0	0	0
Baris 13	1	13	13	0	0	0	0	0	0
Baris 14	1	14	14	0	0	0	0	0	0
Baris 15	1	15	15	0	0	0	0	0	0
Baris 16	1	16	16	0	0	0	0	0	0
Baris 17	1	17	17	0	0	0	0	0	0
Baris 18	1	18	18	0	0	0	0	0	0
Baris 19	1	19	19	0	0	0	0	0	0
Baris 20	1	20	20	0	0	0	0	0	0
Baris 21	1	21	21	0	0	0	0	0	0
Baris 22	1	22	22	0	0	0	0	0	0
Baris 23	1	23	23	0	0	0	0	0	0
Baris 24	1	24	24	0	0	0	0	0	0
Baris 25	1	25	25	0	0	0	0	0	0
Baris 26	1	26	26	0	0	0	0	0	0
Baris 27	1	27	27	0	0	0	0	0	0
Baris 28	1	28	28	0	0	0	0	0	0
Baris 29	1	29	29	0	0	0	0	0	0
Baris 30	1	30	30	0	0	0	0	0	0
Baris 31	1	31	31	0	0	0	0	0	0
Baris 32	1	32	32	0	0	0	0	0	0
Baris 33	1	33	33	0	0	0	0	0	0
Baris 34	1	34	34	0	0	0	0	0	0
Baris 35	1	35	35	0	0	0	0	0	0
Baris 36	1	36	36	0	0	0	0	0	0
Baris 37	1	37	37	0	0	0	0	0	0
Baris 38	1	38	38	0	0	0	0	0	0
Baris 39	1	39	39	0	0	0	0	0	0
Baris 40	1	40	40	0	0	0	0	0	0
Baris 41	1	41	41	0	0	0	0	0	0
Baris 42	1	42	42	0	0	0	0	0	0
Baris 43	1	43	43	0	0	0	0	0	0
Baris 44	1	44	44	0	0	0	0	0	0
Baris 45	1	45	45	0	0	0	0	0	0
Baris 46	1	46	46	0	0	0	0	0	0
Baris 47	1	47	47	0	0	0	0	0	0
Baris 48	1	48	48	0	0	0	0	0	0
Baris 49	1	49	49	0	0	0	0	0	0
Baris 50	1	50	50	0	0	0	0	0	0
Baris 51	1	51	51	0	0	0	0	0	0
Baris 52	1	52	52	0	0	0	0	0	0
Baris 53	1	53	53	0	0	0	0	0	0
Baris 54	1	54	54	0	0	0	0	0	0
Baris 55	1	55	55	0	0	0	0	0	0
Baris 56	1	56	56	0	0	0	0	0	0
Baris 57	1	57	57	0	0	0	0	0	0
Baris 58	1	58	58	0	0	0	0	0	0
Baris 59	1	59	59	0	0	0	0	0	0
Baris 60	1	60	60	0	0	0	0	0	0
Baris 61	1	61	61	0	0	0	0	0	0
Baris 62	1	62	62	0	0	0	0	0	0
Baris 63	1	63	63	0	0	0	0	0	0
Baris 64	1	64	64	0	0	0	0	0	0
Baris 65	1	65	65	0	0	0	0	0	0
Baris 66	1	66	66	0	0	0	0	0	0
Baris 67	1	67	67	0	0	0	0	0	0
Baris 68	1	68	68	0	0	0	0	0	0
Baris 69	1	69	69	0	0	0	0	0	0
Baris 70	1	70	70	0	0	0	0	0	0
Baris 71	1	71	71	0	0	0	0	0	0
Baris 72	1	72	72	0	0	0	0	0	0
Baris 73	1	73	73	0	0	0	0	0	0
Baris 74	1	74	74	0	0	0	0	0	0
Baris 75	1	75	75	0	0	0	0	0	0
Baris 76	1	76	76	0	0	0	0	0	0
Baris 77	1	77	77	0	0	0	0	0	0
Baris 78	1	78	78	0	0	0	0	0	0
Baris 79	1	79	79	0	0	0	0	0	0
Baris 80	1	80	80	0	0	0	0	0	0
Baris 81	1	81	81	0	0	0	0	0	0
Baris 82	1	82	82	0	0	0	0	0	0
Baris 83	1	83	83	0	0	0	0	0	0
Baris 84	1	84	84	0	0	0	0	0	0
Baris 85	1	85	85	0	0	0	0	0	0
Baris 86	1	86	86	0	0	0	0	0	0
Baris 87	1	87	87	0	0	0	0	0	0
Baris 88	1	88	88	0	0	0	0	0	0
Baris 89	1	89	89	0	0	0	0	0	0
Baris 90	1	90	90	0	0	0	0	0	0
Baris 91	1	91	91	0	0	0	0	0	0
Baris 92	1	92	92	0	0	0	0	0	0
Baris 93	1	93	93	0	0	0	0	0	0
Baris 94	1	94	94	0	0	0	0	0	0
Baris 95	1	95	95	0	0	0	0	0	0
Baris 96	1	96	96	0	0	0	0	0	0
Baris 97	1	97	97	0	0	0	0	0	0
Baris 98	1	98	98	0	0	0	0	0	0
Baris 99	1	99	99	0	0	0	0	0	0
Baris 100	1	100	100	0	0	0	0	0	0

LAMPIRAN C
KATALOG *MACHINERY, EQUIPMENT*, DAN *OUTFITTING*

1. Spesifikasi Mesin Induk

CATERPILLAR®

C9 ACERT® MARINE PROPULSION

510 mhp
(503 bhp)
375 kW



Image shown may not reflect actual engine.

SPECIFICATIONS

I-6, 4-Stroke-Cycle Diesel

Emissions	IMO compliant
Displacement	8.82 L (538.2 cu in)
Rated Engine Speed	2500
Bore	112.0 mm (4.41 in)
Stroke	149.0 mm (5.87 in)
Aspiration	Turbocharged-Aftercooled
Governor	Electronic
Cooling System	Heat Exchanger
Weight, Net Dry (approx)	946 kg (2,086 lb)
Refill Capacity	
Cooling System	47.0 L (12.4 gal)
Lube Oil System	32.0 L (8.5 gal)
Oil Change Interval	250 hr
Caterpillar® Diesel Engine Oil 10W30 or 15W40	
Rotation (from flywheel end)	Counterclockwise
Flywheel and flywheel housing	SAE No. 1
Flywheel Teeth	113
Max. Exhaust Backpressure	10.0 kPa (40.2 in. water)
Fuel Consumption	98.3 L/hr (26.0 g/hr)

STANDARD ENGINE EQUIPMENT

Air Inlet System

Corrosion-resistant sea water aftercooler core, air cleaner/fumes disposal system (closed)

Control System

Electronic governor, HEUI™ fuel system, A4 electronic control module, engine-mounted 70-pin dedicated customer connector, SAE J1939 data link

Cooling System

Thermostat and housing, belt-driven centrifugal jacket water pump, gear-driven auxiliary sea water pump, expansion tank, engine-mounted heat exchanger, removal tube bundle (for sea water), engine oil cooler, auxiliary sea water lines, transmission oil cooler

Exhaust System

Watercooled exhaust manifold and wastegated turbocharger

Flywheel and Flywheel Housings

SAE No. 1 flywheel (113 teeth), SAE No. 1 flywheel housing

Fuel System

Fuel filter (RH or LH service), fuel transfer pump, fuel priming pump

Lube System

Crankcase breather, oil filter (front center service), oil filler (RH or LH service), oil level gauge (RH or LH service), oil pan, oil pan drain (RH or LH service), lubricating oil, gear-driven engine oil pump

Mounting System

Front support (adjustable height)

Protection System

Electronic overspeed shutoff

General

Torsional vibration damper and guard, lifting eyes, literature, variable engine wiring, RH or LH service options

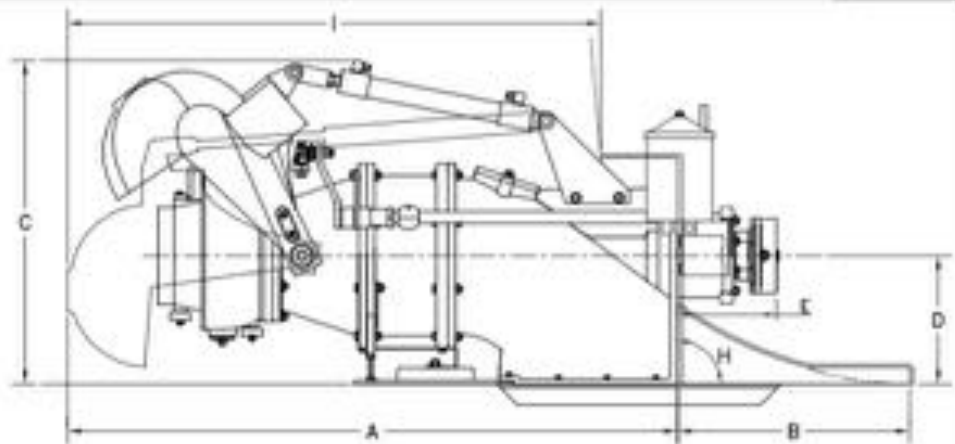
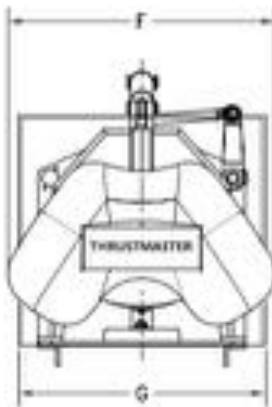
ISO Certification

Factory-designed systems built at Caterpillar
ISO 9001:2000 certified facilities

2. Spesifikasi Waterjet

100 SERIES WATERJETS TECHNICAL SPECIFICATIONS

		Dj100G	Dj105	Dj110	Dj120	Dj130	Dj140	Dj170HP
Power Range kW (hp)		225 (300)	260 (350)	335 (450)	380 (510)	410 (550)	670 (900)	855 (1150)
Max RPM		3600	3200	3055	2800	2600	2250	1975
Max. Displacement PLANING VESSEL	Single	3.5t	4t	4.5t	6t	7t	9t	12t
	Twin	8t	9t	10t	12t	17t	20t	26t
Max. Displacement DISPLACING VESSEL	Single	8t	9t	10t	15t	18t	20t	30t
	Twin	17t	20t	22t	30t	40t	45t	66t
Weight Kg (lbs)		Dry	125 (276)	170 (375)	180 (397)	225 (496)	295 (650)	375 (826)
Dimensions (mm)		A	1075	1150	1200	1200	1545	1120
		B	290	455	455	520	630	1410
		C	560	630	630	620	880	755
		D	242	250	250	250	370	320
		E	170	195	195	265	220	220
		F	540	540	540	700	775	775
		G	360	470	470	520	600	600
		H	95°	90°	90°	90°	90°	90°
		I	920-965	1000-1075	1045-1120	1045-1120	1225-1495	N/A



3. Spesifikasi Gearbox

Ratings And Specifications

Bus Series™

Model	Input kW/HP	Input RPM	Output kW/HP	Output RPM	Input/Output Shaft Size	Input/Output Shaft Type	Input/Output Shaft Key	Input/Output Shaft Key	Input/Output Shaft Key	Input/Output Shaft Key
2.10	100	1500	100	1500	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
2.20	150	1500	150	1500	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
2.30	200	1500	200	1500	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
2.40	250	1500	250	1500	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
2.50	300	1500	300	1500	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
2.60	350	1500	350	1500	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
2.70	400	1500	400	1500	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
2.80	450	1500	450	1500	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
2.90	500	1500	500	1500	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
3.00	550	1500	550	1500	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
3.10	600	1500	600	1500	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
3.20	650	1500	650	1500	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
3.30	700	1500	700	1500	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
3.40	750	1500	750	1500	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
3.50	800	1500	800	1500	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5
3.60	850	1500	850	1500	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
3.70	900	1500	900	1500	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
3.80	950	1500	950	1500	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
3.90	1000	1500	1000	1500	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5
4.00	1050	1500	1050	1500	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0
4.10	1100	1500	1100	1500	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
4.20	1150	1500	1150	1500	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
4.30	1200	1500	1200	1500	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
4.40	1250	1500	1250	1500	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0
4.50	1300	1500	1300	1500	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
4.60	1350	1500	1350	1500	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
4.70	1400	1500	1400	1500	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5
4.80	1450	1500	1450	1500	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
4.90	1500	1500	1500	1500	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5
5.00	1550	1500	1550	1500	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0
5.10	1600	1500	1600	1500	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5
5.20	1650	1500	1650	1500	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0
5.30	1700	1500	1700	1500	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
5.40	1750	1500	1750	1500	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
5.50	1800	1500	1800	1500	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5
5.60	1850	1500	1850	1500	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0
5.70	1900	1500	1900	1500	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5
5.80	1950	1500	1950	1500	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
5.90	2000	1500	2000	1500	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5
6.00	2050	1500	2050	1500	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0
6.10	2100	1500	2100	1500	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5
6.20	2150	1500	2150	1500	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0
6.30	2200	1500	2200	1500	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5
6.40	2250	1500	2250	1500	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0
6.50	2300	1500	2300	1500	23.5	23.5	23.5	23.5	23.5	23.5
6.60	2350	1500	2350	1500	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
6.70	2400	1500	2400	1500	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5
6.80	2450	1500	2450	1500	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
6.90	2500	1500	2500	1500	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5
7.00	2550	1500	2550	1500	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0
7.10	2600	1500	2600	1500	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5
7.20	2650	1500	2650	1500	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0
7.30	2700	1500	2700	1500	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5
7.40	2750	1500	2750	1500	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
7.50	2800	1500	2800	1500	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5
7.60	2850	1500	2850	1500	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0
7.70	2900	1500	2900	1500	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5
7.80	2950	1500	2950	1500	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
7.90	3000	1500	3000	1500	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5
8.00	3050	1500	3050	1500	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0
8.10	3100	1500	3100	1500	31.5	31.5	31.5	31.5	31.5	31.5
8.20	3150	1500	3150	1500	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0
8.30	3200	1500	3200	1500	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5
8.40	3250	1500	3250	1500	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0
8.50	3300	1500	3300	1500	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5
8.60	3350	1500	3350	1500	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0
8.70	3400	1500	3400	1500	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5
8.80	3450	1500	3450	1500	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
8.90	3500	1500	3500	1500	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5
9.00	3550	1500	3550	1500	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0
9.10	3600	1500	3600	1500	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5
9.20	3650	1500	3650	1500	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0
9.30	3700	1500	3700	1500	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5
9.40	3750	1500	3750	1500	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0
9.50	3800	1500	3800	1500	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5
9.60	3850	1500	3850	1500	39.0	39.0	39.0	39.0	39.0	39.0
9.70	3900	1500	3900	1500	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5
9.80	3950	1500	3950	1500	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
9.90	4000	1500	4000	1500	40.5	40.5	40.5	40.5	40.5	40.5
10.00	4050	1500	4050	1500	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0
10.10	4100	1500	4100	1500	41.5	41.5	41.5	41.5	41.5	41.5
10.20	4150	1500	4150	1500	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0
10.30	4200	1500	4200	1500	42.5	42.5	42.5	42.5	42.5	42.5
10.40	4250	1500	4250	1500	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0
10.50	4300	1500	4300	1500	43.5	43.5	43.5	43.5	43.5	43.5
10.60	4350	1500	4350	1500	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0
10.70	4400	1500	4400	1500	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5	44.5
10.80	4450	1500	4450	1500	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0
10.90	4500	1500	4500	1500	45.5	45.5	45.5	45.5	45.5	45.5
11.00	4550	1500	4550	1500	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0
11.10	4600	1500	4600	1500	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5
11.20	4650	1500	4650	1500	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0
11.30	4700	1500	4700	1500	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5
11.40	4750	1500	4750	1500	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0
11.50	4800	1500	4800	1500	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5
11.60	4850	1500	4850	1500	49.0	49.0	49.0	49.0	49.0	49.0
11.70	4900	1500	4900	1500	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5
11.80	4950	1500	4950	1500	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
11.90	5000	1500	5000	1500	50.5	50.5	50.5	50.5	50.5	50.5
12.00	5050	1500	5050	1500	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0
12.10	5100	1500	5100	1500	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5
12.20	5150	1500	5150	1500	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0
12.30	5200	1500	5200	1500	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5
12.40	5250	1500	5250	1500	53.0	53.0	53.0	53.0	53.0	53.0
12.50	5300	1500	5300	1500	53.5	53.5	53.5	53.5	53.5	53.5
12.60	5350	1500	5350	1500	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0
12.70	5400	1500	5400	1500	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5
12.80	5450	1500	5450	1500	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0
12.90	5500	1500	5500	1500	55.5	55.5	55.5	55.5	55.5	55.5
13.00	5550	1500	5550	1500	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0
13.10	5600	1500	5600	1500	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5
13.20	5650	1500	5650	1500	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0
13.30	5700	1500	5700	1500	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5
13.40	5750	1500	5750	1500	58.0	58.0	58.0	58.0	58.0	58.0
13.50	5800	1500	5800	1500	58.5	58.5	58.5	58.5	58.5	58.5
13.60	5850	1500	5850	1500	59.0	59.0	59.0	59.0	59.0	59.0
13.7										

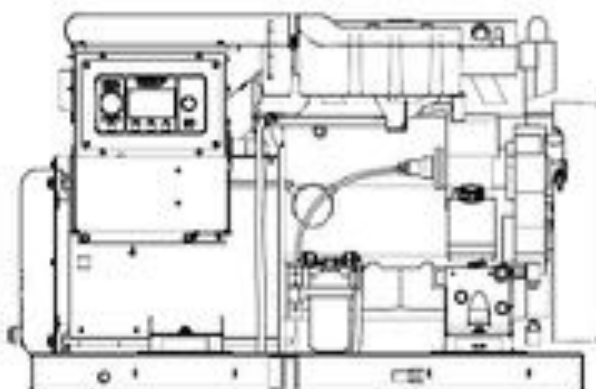
4. Spesifikasi Generator

Model: 21EKOZD 60 Hz
18EFKOZD 50 Hz

KOHLER Power Systems

1-Phase Diesel

ISO 9001
REGISTERED



Generator Weights and Dimensions

	Without Sound Shield	With Sound Shield
Weight, kg (lb.)		
Wet	440 (970)	480 (1059)
Dry	422 (930)	462 (1019)
Length, mm (in.)	1121 (44.13)	1197 (47.12)
Width, mm (in.)	577.5 (22.74)	652.5 (25.69)
Height, mm (in.)	694 (27.31)	711 (27.99)

Generator Ratings

Model Generator (Alternator)	Voltage	Hz	25°C (77°F) Amps	25°C (77°F) kW/kVA	Ph
21EKOZD (4E4.2)	120	60	175	21/21	1
	120/240	60	88	21/21	1
18EFKOZD (4E4.2)	230	50	79	18/18	1
	240	50	61	14.5/14.5	1

RA719025: Marine continuous ratings per ISO 3046, ISO 8528-1, and Kohler technical information bulletin T18-117. Obtain technical information bulletin T18-117 on ratings guidelines for complete ratings definitions.

Availability is subject to change without notice. Kohler Co. reserves the right to change the design or specifications without notice and without any obligation or liability whatsoever. Contact your local Kohler generator distributor for availability.

Marine Generator Set

Engine Features

- Diesel fueled
- Certified by the Environmental Protection Agency (EPA) to conform to Tier III marine auxiliary standards (60 Hz model only)
- Four cylinder
- Four cycle
- Closed cooling system
- Heat exchanger
- Electric fuel lift pump
- Lifting eye

Generator Features

- Class H insulation
- Multivoltage adjustability
- Voltage regulation of $\pm 1.0\%$
- Radio suppression

Decision-Maker® 3500 Paralleling Controller

- A graphical display and pushbutton/rotary selector dial provide easy, local data access
- Measurements are selectable in metric or English units
- The controller supports Modbus® protocol with serial bus (RS-485) or Ethernet networks
- Scrolling display shows critical data at a glance
- Graphical display of power metering (kW, kVA, V, I, PF, and VAR)
- Integrated hybrid voltage regulator providing $\pm 0.5\%$ regulation
- Built-in alternator thermal overload protection

Optional Accessories

- Aluminum sound shield
- Remote digital gauge
- Remote digital display
- Siphon break
- Circuit breakers

Modbus® is a registered trademark of Schneider Electric.

Application Data

Engine

Engine Specifications	60 Hz	50 Hz
Type	4 cycle, naturally aspirated	
Cylinder, quantity	4	
Displacement, L (cu. in.)	2.5 (151)	
Bore and stroke, mm (in.)	88 x 102 (3.46 x 4.02)	
Compression ratio	17:1	
Combustion system	Direct injection	
Rated rpm	1800	1500
Max. power at rated rpm, HP	38.7	34.1
Governor, type	Mechanical	
Frequency regulation, mechanical governor		
No load to full load (droop)	5%	
Steady state	±0.7%	
Angular operation		
Instant (1 min.)	35°	
Intermittent (30 min.)	25°	

Engine Electrical

Engine Electrical System	60 Hz	50 Hz
Battery, voltage	12 or 24 volt	
Battery charging module	10-amp	
Battery, minimum recommendation	650 CCA @ 0°F	
Starter motor	2 kW, 12 V 2.5 kW, 24 V	

Cooling

Cooling System	60 Hz	50 Hz
Capacity, L (qt.), approx.	4.4 (4.6)	
Heat exchanger type	2.5 in. dia. x 2 pass	
Seawater pump type	Belt-driven, 10-blade impeller	
Heat rejected to cooling water at rated kW, wet exhaust, kW (Btu/min.)	18.5 (1050)	23 (1300)
Engine water pump flow, Lpm (gpm)	53 (14)	47 (12)
Seawater pump flow, Lpm (gpm)	30 (8)	27 (7.15)

Fuel

Fuel System	60 Hz	50 Hz
Fuel shutoff solenoid	Electric	
Fuel pump	Electric	
Maximum recommended fuel lift, m (ft.)	1.2 (4.0)	

Lubrication

Lubricating System	60 Hz	50 Hz
Oil pan capacity with filter, L (qt.)	11 (11.6)	
Oil pump type	Pressure, trochoid pump	

Operation Requirements

Air Requirements	60 Hz	50 Hz
Engine combustion air requirements, L/min. (cfm)	1900 (67.0)	1550 (54.7)
Generator cooling requirements, L/min. (cfm)	9175 (325)	7645 (270)
Max. air intake restriction, kPa (in. H ₂ O)	2.2 (8.6)	2.0 (8.0)
Exhaust flow, m ³ /min. (cfm)	5.1 (180.1)	4.1 (144.7)
Exhaust temp., °C (°F) at full load	550 (1022)	520 (968)
Max. allowed exhaust back pressure, kPa (in. H ₂ O)	8.5 (34.1)	7.0 (28.1)
Fuel Consumption	60 Hz	50 Hz
Diesel, Lph (gph) at % load		
100%	6.7 (1.77)	4.97 (1.31)
75%	5.2 (1.36)	3.78 (1.00)
50%	3.7 (0.98)	2.62 (0.69)
25%	2.3 (0.61)	1.51 (0.40)

Note: The fuel consumption of the 60 Hz model is based on 21EKOZD and the fuel consumption of the 50 Hz model is based on 18EKOZD.

Engine Features

- Low oil pressure shutdown
- High engine temperature shutdown
- Low seawater pressure shutdown
- Vibromount
- Belt guard
- Disposable oil filter
- Oil drain valve
- Disposable fuel filter

Alternator Features




- Brushless, rotating field design permits power to be obtained from stationary leads.
- Windings are vacuum impregnated with epoxy varnish for dependability and long life.
- Rotors are dynamically balanced to minimize vibration.
- Copper windings ensure minimal heat buildup. Insulation meets NEMA standards for class H insulation.
- Direct connected to the engine, the generator has sealed precision ball bearings with a precision-machined steel sleeve in the end bracket to prevent shaft misalignment and extend bearing life.
- Mounted on a drip-proof tray.
- Equipped with a four-lead reconnectable stator.
- Capable of sustained line-to-neutral short circuit current of up to 300% of the rated current for up to 2 seconds. (IEC 60092-301 short-circuit performance.)

5. Aneks BKI (Modulus Penampang Profil)




Aneks

A-3

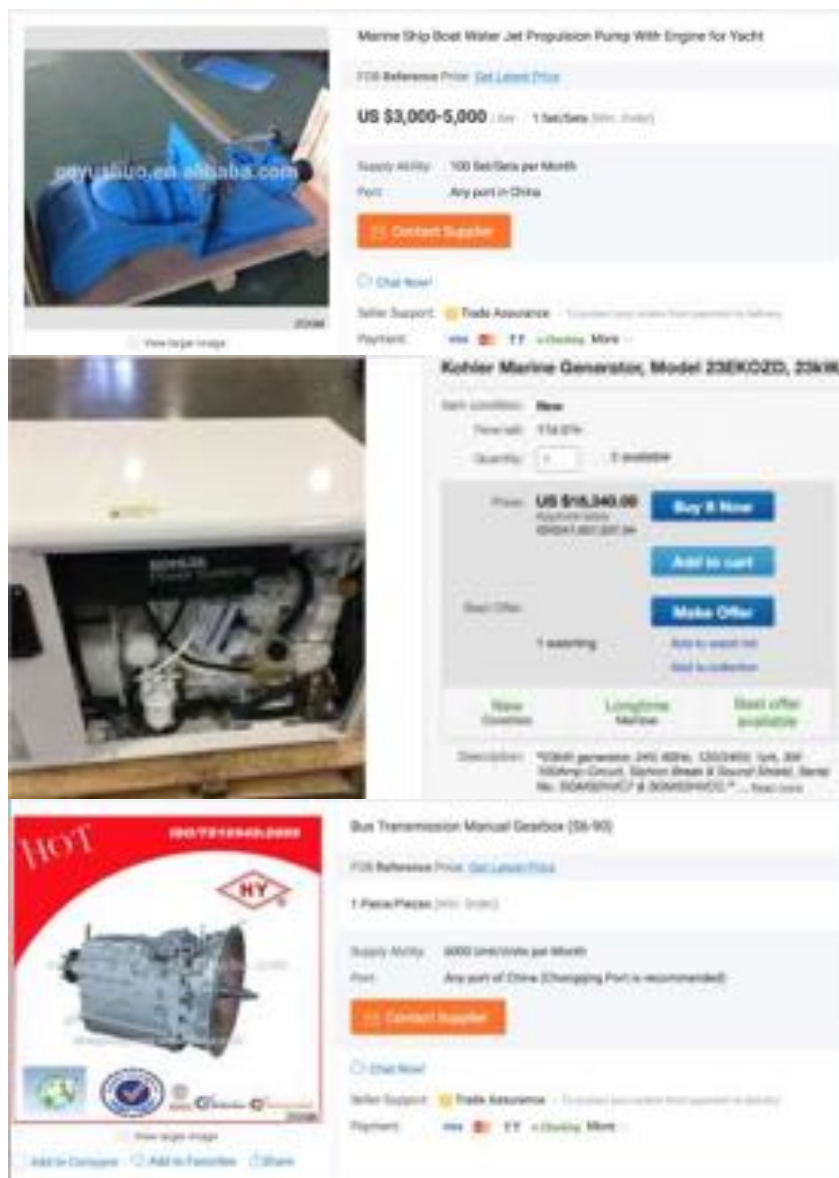
Modulus penampang profil bersama dengan pelat ikutnya (lanjutan)

Modulus [cm ³]	Profil bersama dengan pelat ikut [mm]			Ukuran konstruksi bracket [mm]
				
25	- 75 x 50 x 5	- 80 x 7	- 90 x 9	- 110 x 6,5
26				
27	- 75 x 55 x 5		- 100 x 8	
28				
29	- 80 x 40 x 6 - 65 x 50 x 7		- 90 x 10	
30				
31			- 100 x 9	
32			- 110 x 8	- 120 x 6,5
33			- 90 x 11	
34		- 100 x 6		
35	- 75 x 50 x 7		- 100 x 10	
36			- 90 x 12	
37	- 65 x 50 x 9 - 75 x 55 x 7 - 80 x 40 x 8		- 110 x 9	
38		- 100 x 7	- 120 x 8	
39	- 80 x 65 x 6		- 100 x 11	
40				
41				
42		- 100 x 8	- 110 x 10	- 130 x 6,5
43	- 90 x 60 x 6			
44	- 75 x 50 x 9		- 120 x 9	

Modulus penampang profil bersama dengan pelat ikatnya

Modulus [cm ³]	Profil bersama dengan pelat ikat [mm]			Ukuran konstruksi braket [mm]
				
5			- 50 x 5	
6			- 50 x 6	
7			- 50 x 7	
8				
9			- 65 x 6	
10			- 60 x 8	- 100 x 6,5
11		- 60 x 4	- 65 x 7	
12		- 60 x 5	- 75 x 6	
13			- 65 x 8	
14		- 60 x 6	- 75 x 7	
15			- 80 x 7	
16	- 60 x 40 x 5		- 75 x 8	
17				
18				
19	- 60 x 40 x 6		- 75 x 9	
20		- 80 x 5		
21	- 65 x 50 x 5		- 75 x 10	
22	- 60 x 40 x 7			
23		- 80 x 6	- 90 x 8	
24				- 100 x 6,5

6. Katalog Harga Mesin Penggerak



LAMPIRAN D

RENCANA GARIS

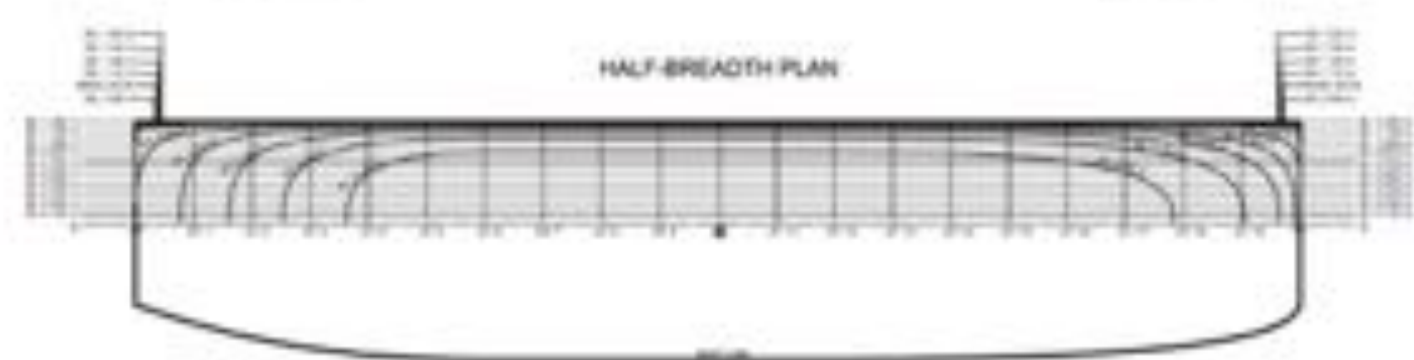
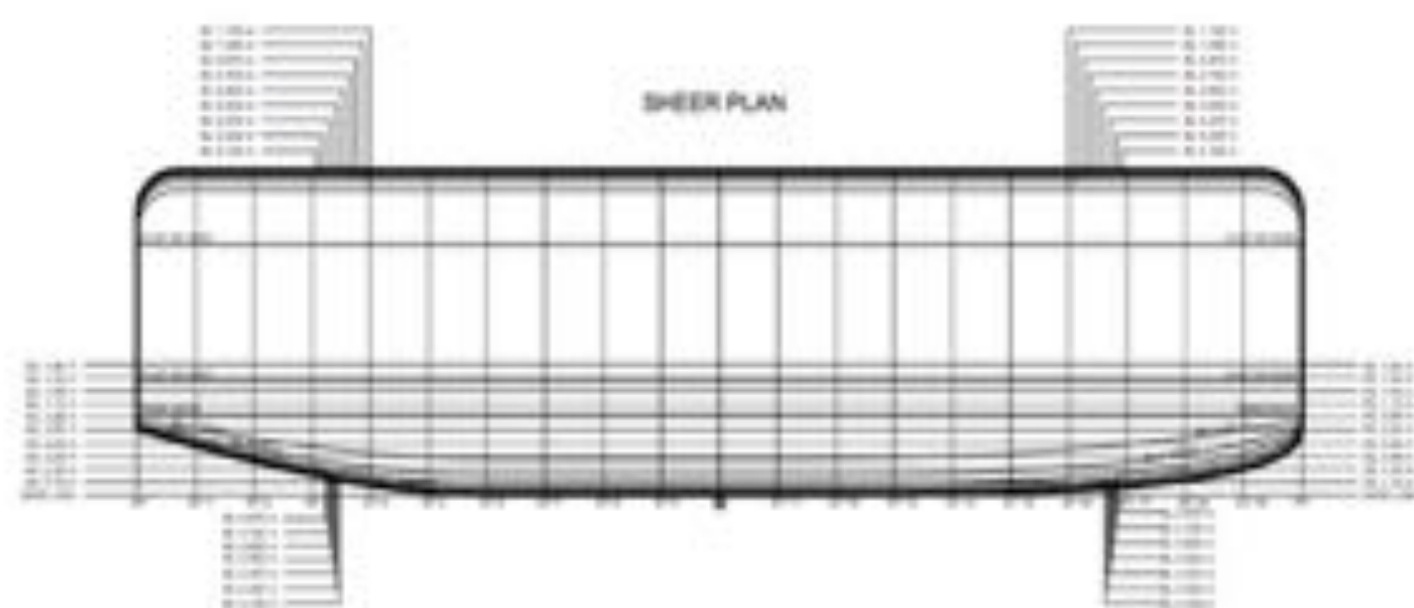
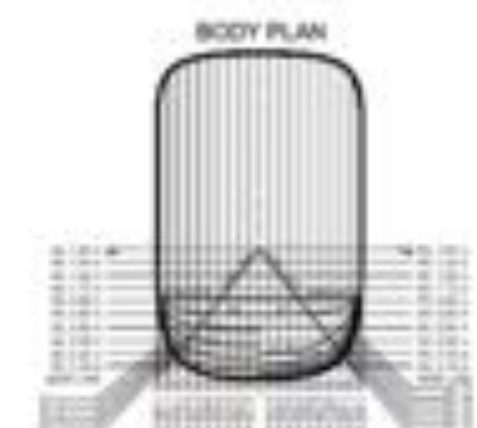


TABLE OF HALF-BREADTH (m)


1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	
0.000	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010	0.011	0.012	0.013	0.014	0.015	0.016	0.017	0.018	0.019	0.020	0.021	0.022	0.023	0.024	0.025	0.026	0.027	0.028	0.029	0.030	0.031	0.032	0.033	0.034	0.035	0.036	0.037	0.038	0.039	0.040	0.041	0.042	0.043	0.044	0.045	0.046	0.047	0.048	0.049	0.050	0.051	0.052	0.053	0.054	0.055	0.056	0.057	0.058	0.059	0.060	0.061	0.062	0.063	0.064	0.065	0.066	0.067	0.068	0.069	0.070	0.071	0.072	0.073	0.074	0.075	0.076	0.077	0.078	0.079	0.080	0.081	0.082	0.083	0.084	0.085	0.086	0.087	0.088	0.089	0.090	0.091	0.092	0.093	0.094	0.095	0.096	0.097	0.098	0.099	1.000

TABLE OF HEIGHT ABOVE BASE LINE (m)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	
0.000	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010	0.011	0.012	0.013	0.014	0.015	0.016	0.017	0.018	0.019	0.020	0.021	0.022	0.023	0.024	0.025	0.026	0.027	0.028	0.029	0.030	0.031	0.032	0.033	0.034	0.035	0.036	0.037	0.038	0.039	0.040	0.041	0.042	0.043	0.044	0.045	0.046	0.047	0.048	0.049	0.050	0.051	0.052	0.053	0.054	0.055	0.056	0.057	0.058	0.059	0.060	0.061	0.062	0.063	0.064	0.065	0.066	0.067	0.068	0.069	0.070	0.071	0.072	0.073	0.074	0.075	0.076	0.077	0.078	0.079	0.080	0.081	0.082	0.083	0.084	0.085	0.086	0.087	0.088	0.089	0.090	0.091	0.092	0.093	0.094	0.095	0.096	0.097	0.098	0.099	1.000

PRINCIPLE DIMENSIONS

LENGTH	10.00
BREADTH	2.00
HEIGHT	1.00
AREA	20.00
VOLUME	20.00
WEIGHT	20.00


 DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
 FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
 SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY

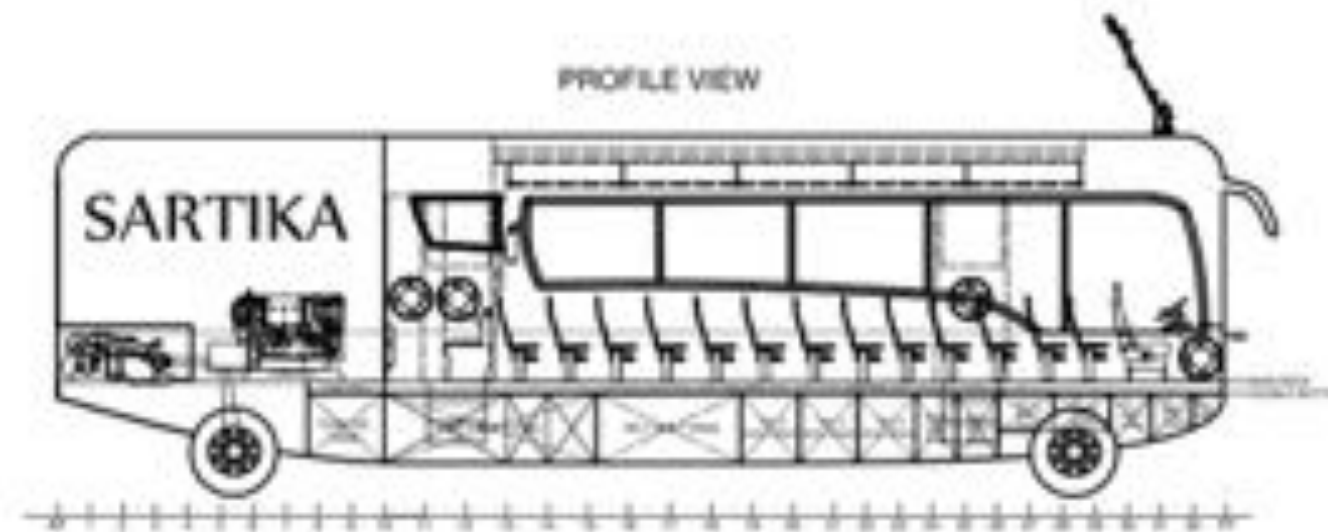
SARTIKA WATER SCHOOL BUS

LINES PLAN

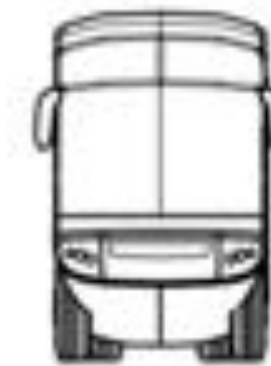
NAME	...	DATE	...
DESIGNER
APPROVED

LAMPIRAN E

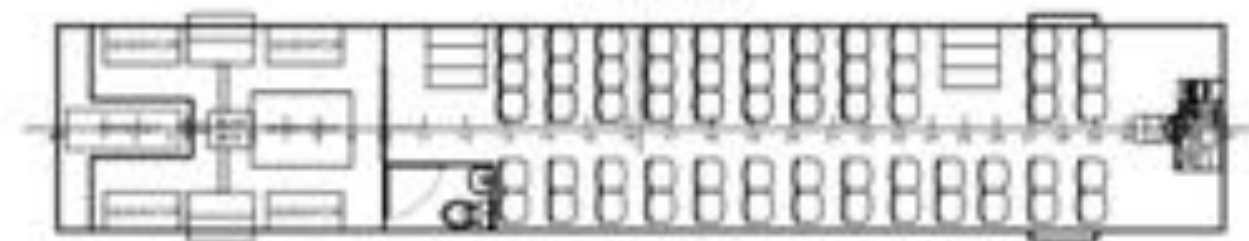
RENCANA UMUM



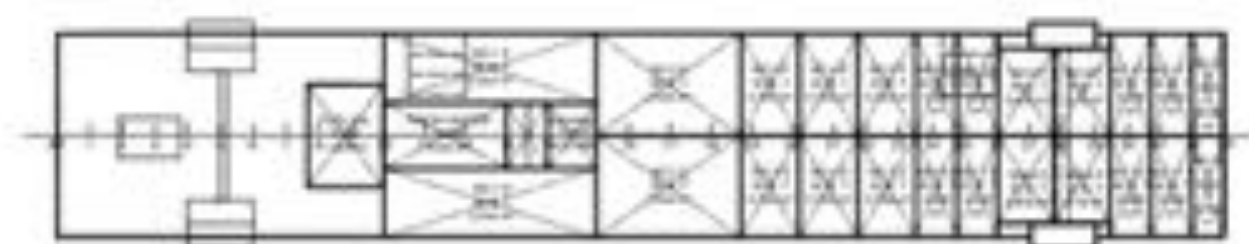
FRONT ELEVATION




MAIN DECK



DOUBLE BOTTOM



PRINCIPLE DIMENSIONS	
LENGTH	12.00 m
BREADTH	2.50 m
HEIGHT	3.00 m
WHEEL SPACING	3.00 m
WHEEL TRACK	1.50 m
WHEEL RADIUS	0.75 m
WHEEL CENTER	0.75 m
WHEEL HUB	0.75 m

 DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY				
SARTIKA WATER SCHOOL BUS				
GENERAL ARRANGEMENT				
NAME	1. A	DATE	DATE	REVISION
DESIGNER	INDONESIA			
APPROVED	1. INDONESIA			1. A

BIODATA PENULIS



Rainy Renata Renald Rinaldi adalah nama lengkap Penulis yang biasa dipanggil Raya atau Rainy. Penulis dilahirkan di Bandung pada 14 Juni 1995 dan merupakan anak terakhir dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar di Jakarta pada TK Kasih Ananda VII, SD Bakti Mulya 400, kemudian melanjutkan ke SMP Negeri 85 dan SMA Negeri 8 Jakarta. Sebelum lulus SMA, Penulis sempat mengikuti kegiatan pertukaran pelajar AFS *Intercultural Programs* ke Belgia selama satu tahun pada 2012-2013. Setelah lulus SMA, Penulis melanjutkan pendidikan Sarjana (S1) di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2014.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal. Selama masa studi di ITS, selain berkuliah Penulis juga pernah menjadi Ketua Divisi *English Club* Departemen Minat dan Bakat HIMATEKPAL 2015/2016 dan Koordinator *Sponsorship* di acara SAMPAN 10 pada tahun 2017. Selain itu, Penulis juga aktif di komunitas ITS JAZZ sebagai *player*, anggota, dan Ketua Divisi Internal pada periode 2016/2017. Penulis juga merupakan *volunteer* aktif di Yayasan Bina Antarbudaya sejak 2014 hingga sekarang.

Email: rainy.rinaldi@gmail.com